

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto generale: Politecnico - Rebaudengo**

PROGETTO DEFINITIVO				INFRATRASPORTI S.r.l.	
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA	ELABORATI GENERALI			
Ing. R. Crova <small>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S</small>	Ing. F. Rizzo <small>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9337K</small>	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO – PARTE B.1: SPECIFICHE TECNICHE DI PROGETTAZIONE E PRESCRIZIONI			
		ELABORATO		REV.	
				Int.	Est.
				SCALA	DATA
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		M	L2	T1	A0
		D	ZOO	GEN	Z
		002.1	0	0	-
				27/10/2023	

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	27/10/23	Vari autori	F. Rizzo	F. Rizzo	R. Crova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">LOTTO 0</td> <td style="padding: 2px;">CARTELLA</td> <td style="padding: 2px;">1.1</td> <td style="padding: 2px;">11</td> <td style="padding: 2px;">MTL2T1A0D</td> <td style="padding: 2px;">ZOOGENZ002.1</td> </tr> </table>	LOTTO 0	CARTELLA	1.1	11	MTL2T1A0D	ZOOGENZ002.1	<p>STAZIONE APPALTANTE</p> <p>DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p>RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozzi</p>
LOTTO 0	CARTELLA	1.1	11	MTL2T1A0D	ZOOGENZ002.1		

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO

METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.1:
SPECIFICHE TECNICHE DI PROGETTAZIONE E PRESCRIZIONI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Vari autori		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		27/10/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

INDICE

1.	INTRODUZIONE	21
1.1	PREMESSA	21
1.2	STRUTTURA DEL DOCUMENTO	27
2.	DEFINIZIONI	27
3.	LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO PER IL PROGETTO ESECUTIVO	30
3.1	PREMESSA	30
3.2	LEGISLAZIONE E NORMATIVE TECNICHE	30
3.2.1	Norme di carattere generale	30
3.2.2	Norme per la progettazione delle opere civili e architettoniche	31
3.2.3	Principali decreti e sistemi di normativa di primaria rilevanza impiantistica	34
3.2.3.1	Compartimentazioni al fuoco per impianti e giunti lineari	34
3.2.3.2	Normative di riferimento progettazione antincendio	34
3.2.3.3	Rivelazione incendi	35
3.2.3.4	Estinzione incendi	35
3.2.3.5	NFPA - Principali norme di riferimento	37
3.2.3.6	Normative di riferimento progettazione Impianti ventilazione, termici e climatizzazione	37
3.2.3.7	Acustica (da applicare per la parte di sola competenza impiantistica)	42
3.2.3.8	Impianti Idrico-sanitari	43
3.2.3.9	Ventilazione Antincendio	44
3.2.3.10	Vibrazioni (da applicare per la parte di sola competenza impiantistica)	44
3.2.3.11	Impianti elettrici	45
3.2.3.12	Prescrizioni della Società erogatrice dell'energia elettrica competente per la zona.	45
3.2.3.13	Campi Elettromagnetici	47
3.2.3.14	Impianti speciali	47

<p>Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2</p> <p>Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"</p> <p>Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1</p> <p>Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni</p>

3.2.3.15	Impianti di sollevamento - ascensori	49
3.2.3.16	Impianti di sollevamento – scale mobili	50
4.	DESCRIZIONE GENERALE DELL'INFRASTRUTTURA	50
<hr/>		
4.1	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INFRASTRUTTURA CIVILE	51
4.1.1	Stazioni	51
4.1.2	Pozzi di intertratta	52
4.1.3	Manufatti di bivio	53
4.1.4	Manufatti di fine tratta	53
4.1.5	Locali tecnologici di stazione	53
4.2	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INFRASTRUTTURA DI SISTEMA	56
4.2.1	Sistema di segnalamento	56
4.2.2	Descrizione degli automatismi fissi	57
4.2.3	Il posto centrale e le comunicazioni	58
4.2.4	SCADA	61
4.2.5	Rete Informatica	61
4.2.6	Apparati di Telecomunicazione	61
4.2.7	Alimentazione sistema media tensione	63
4.2.8	Cabine di trasformazione MT/BT di stazione e/o pozzi ventilazione	64
4.2.9	Sistema di supervisione rete MT	65
4.2.10	Sottostazione elettrica	66
5.	SISTEMA QUALITÀ	67
<hr/>		
5.1	GENERALITÀ	67
5.2	REQUISITI DEL SISTEMA QUALITÀ	67
5.3	AREA ORGANIZZATIVO-GESTIONALE	67
5.3.1	Area Progettazione	68
5.3.2	Controllo del Committente sul sistema Qualità	68
5.4	PIANO DI QUALITÀ DELL'ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE	68

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

6.	METODI E STRUMENTI DI GESTIONE INFORMATIVA DIGITALE	71
7.	PROGETTAZIONE ESECUTIVA	72
7.1	COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO PER LA PROGETTAZIONE	72
7.2	PIANIFICAZIONE E CONTROLLO DELLA PROGETTAZIONE	73
7.3	DIRETTIVE E PRESCRIZIONI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE	74
7.4	PIANO DI QUALITÀ DELLA PROGETTAZIONE	75
8.	CONTENUTI DEL PROGETTO ESECUTIVO	77
8.1	RELAZIONE GENERALE DEL PROGETTO ESECUTIVO	78
8.2	RELAZIONI SPECIALISTICHE	79
8.3	ELABORATI GRAFICI DEL PROGETTO ESECUTIVO	80
8.4	CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI	81
8.5	PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI	82
8.6	PIANI DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO	84
8.7	QUADRO DI INCIDENZA DELLA MANODOPERA	85
8.8	CRONOPROGRAMMA	85
8.9	ELENCO PREZZI UNITARI, COMPUTO METRICO ESTIMATIVO E QUADRO ECONOMICO	86
8.10	SCHEMA DI CONTRATTO E CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO	88
8.11	PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO	90
8.12	ACCATAMENTO DELLE OPERE REALIZZATE	90
8.13	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	91
8.14	PRESCRIZIONI GENERALI PER LA REDAZIONE DEI DOCUMENTI ED ELABORATI GRAFICI	91
9.	TRACCIATO	93
9.1	DEFINIZIONI	93
9.2	CRITERI DI PROGETTAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	94
9.3	CARATTERISTICHE MINIME	94
10.	CRITERI GENERALI E LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE	95

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

10.1	REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI	95
10.1.1	Stati limite ultimi (SLU)	95
10.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	96
10.1.3	Sicurezza antincendio	96
10.1.4	Durabilità	96
10.1.5	Robustezza	97
10.1.6	Verifiche	97
10.1.7	Valutazione della sicurezza	98
10.2	VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	99
10.2.1	Vita nominale di progetto	99
10.3	CLASSI D'USO	99
10.3.1	Periodo di riferimento per l'azione sismica	100
10.4	IMPERMEABILIZZAZIONI	100
10.4.1	Impermeabilizzazioni per parti d'opera sottofalda	100
10.4.2	Impermeabilizzazioni per parti d'opera fuori falda	101
10.4.3	Membrane elastomero-bituminose (per le solette di copertura)	101
10.5	CARICHI E COMBINAZIONE DEI CARICHI	101
10.6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	101
10.6.1	Valutazione dell'azione sismica di base	101
10.6.2	Fattore di amplificazione dello spettro di risposta elastico	102
10.6.3	Categoria di sottosuolo	103
10.7	AZIONI SISMICHE DI PROGETTO	103
10.7.1	Valore di riferimento per la magnitudo di progetto	103
10.7.2	Analisi sismica	104
10.8	VERIFICA AL GALLEGGIAMENTO	104
10.8.1	Ipotesi alla base delle verifiche	104
10.8.1.1	Verifica a breve termine	105

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

10.8.1.2	Verifiche a lungo termine	109
11.	STRUTTURE CUT & COVER	110
11.1	INTRODUZIONE	110
11.2	METODOLOGIA "BOTTOM – UP"	110
11.3	METODOLOGIA "TOP - DOWN"	110
11.4	DESCRIZIONE DEI CRITERI E METODI DI CALCOLO	111
11.4.1	Paratie Plus	112
11.4.2	Plaxis	112
11.4.3	Analisi non lineari	113
11.4.4	Modello strutturale	113
11.4.4.1	Step iniziale (Fase 0)	113
11.4.4.2	Fasi di scavo e realizzazione del solettone di copertura	114
11.4.4.3	Installazione di elementi di contrasto	114
11.4.4.4	Fase definitiva a lungo termine	114
11.4.5	Carichi applicati	115
11.4.6	Zona d'influenza degli scavi in C&C	117
11.4.7	Calcolo della capacità portante delle opere di contenimento – strutture continue e strutture isolate	117
11.4.7.1	Terreni incoerenti	119
11.4.7.1.1	Capacità portante laterale	119
11.4.7.1.2	Capacità portante di base	119
11.4.7.2	Terreni coesivi	120
12.	GALLERIE SCAVATE CON METODO TRADIZIONALE	122
12.1	INTRODUZIONE	122
12.2	MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO E IDROGEOLOGICO	122
12.3	ANALISI E PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO ALLO SCAVO	123
12.4	INDIVIDUAZIONE DELLE MODALITÀ E DEGLI INTERVENTI	124

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

12.5	ANALISI PROGETTUALI E VERIFICHE	125
12.6	METODI DI ANALISI PROGETTUALE	125
12.7	MODELLI NUMERICI	127
12.8	MODELLAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	127
12.8.1	Considerazioni generali	127
12.8.2	Applicazione al modello numerico	127
12.9	LEGGE DI COMPORTAMENTO DEI MATERIALI	130
12.9.1	Terreno	130
12.9.2	Carichi variabili – Accidentali	131
12.9.3	Sostegno di prima fase	131
12.9.4	Rivestimento definitivo	132
12.9.5	Consolidamento del terreno	132
12.10	SEQUENZA ESECUTIVA	132
12.11	VERIFICHE STRUTTURALI	134
12.11.1	Rivestimento di prima fase	134
12.11.2	Rivestimento definitivo	134
12.11.3	Stabilità del fronte di scavo	135
13.	GALLERIE SCAVATE CON METODO MECCANIZZATO	136
13.1	INTRODUZIONE	136
13.2	GESTIONE DEGLI AGGIORNAMENTI DEL PAT	137
13.3	PARAMETRI MACCHINA	137
13.3.1	Pressione di supporto dei fronti di scavo	138
13.3.1.1	Definizione della pressione al fronte	139
13.3.1.1.1	Metodo COB (Dutch Centre Ondergroun Bowen)	139
13.3.1.1.2	Metodo di Anagnostou & Kovári 1994	140
13.3.1.1.3	Metodo di Caquot & Kerisel (1956) adattato da Carranza-Torres (2004)	142
13.3.1.1.4	Verifica di blow-out	144

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

13.3.2	<i>Ulteriori indicazioni circa lo scavo con TBM a contropressione di fanghi bentonitici</i>	
	144	
13.3.2.1	Controllo della riduzione del Fattore di Sicurezza a causa della penetrazione dello slurry	144
13.3.2.2	Verifica della micro-stabilità (collassi locali) al fronte	148
13.3.3	Indicazioni operative	148
13.4	DENSITÀ DEL MATERIALE NELLA CAMERA DI SCAVO	150
13.5	PRESSIONE E VOLUME DELLA MISCELA INIETTATA A TERGO DEI CONCI	150
13.6	PESO E VOLUME DEL MATERIALE SCAVATO	150
13.6.1	<i>Macchina a contropressione di terra</i>	151
13.6.2	<i>Macchine con fanghi bentonitici</i>	151
13.7	PRESENTAZIONE DEL PAT	151
13.8	CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEL PIANO DI CONTINGENZA	152
13.9	VERIFICHE STRUTTURALI	153
13.9.1	<i>Modello geotecnico</i>	153
13.9.2	<i>Metodi di scavo e rivestimento definitivo</i>	153
13.9.3	<i>Descrizione dei criteri generali e metodo di calcolo</i>	153
13.9.3.1	Definizione dei carichi	155
13.9.4	<i>Analisi strutturale e verifiche del rivestimento durante il processo di prefabbricazione, movimentazione, stoccaggio, avanzamento della TBM e fase di servizio</i>	157
13.9.4.1	Condizioni di carico transitorie	158
13.9.4.2	Condizioni durante l'avanzamento della macchina	158
13.9.4.3	Verifica durante la fase di esercizio	159
13.9.4.4	Analisi	159
13.9.5	<i>Zona d'influenza degli scavi</i>	159
13.10	CONCLUSIONI	160
13.11	BIBLIOGRAFIA	161
13.12	RACCOMANDAZIONI	161

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

14.	STRUTTURE DEFINITIVE INTERNE	162
14.1	INTRODUZIONE	162
14.2	DESCRIZIONE DEI CRITERI E METODI DI CALCOLO	162
14.2.1	Analisi statica non lineare	163
14.2.2	Carichi applicati	163
14.2.2.1	Peso proprio	163
14.2.2.2	Permanenti portati – Solaio di copertura	164
14.2.2.3	Spinta del terreno	164
14.2.2.4	Spinta della falda	164
14.2.2.5	Sovraccarico stradale	164
14.2.2.6	Sovraccarico di esercizio	164
14.2.2.7	Azione sismica	165
14.2.2.8	Azioni termiche	165
14.2.2.9	Effetti ritiro e viscosità	165
15.	OPERE MINORI	166
15.1	OPERE MINORI	166
15.1.1	Accessi VV.F., Pozzi di ventilazione, Uscite di sicurezza	166
15.1.2	Aggottamenti e drenaggi	166
15.1.3	Pozzi di servizio per calaggio attrezzature di scavo, smarino,etc.	167
15.2	CONSOLIDAMENTI ED OPERE DI PRESIDIO	167
15.2.1	Consolidamenti	167
15.2.2	Opere di presidio fabbricati	167
15.2.3	Opere di presidio sottoservizi	168
16.	MONITORAGGIO GEOTECNICO STRUTTURALE	169
17.	STRUTTURE IN ELEVAZIONE	171
17.1	INTRODUZIONE	171
17.2	DESCRIZIONE DEI CRITERI E METODI DI CALCOLO	171

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

17.2.1	Analisi lineare	172
17.2.2	Carichi applicati	172
17.2.2.1	Peso proprio	172
17.2.2.2	Carichi permanenti non strutturali	173
17.2.2.3	Sovraccarichi	173
17.2.2.4	Spinta della falda	175
17.2.2.5	Carico neve	175
17.2.2.6	Azioni del vento	176
17.2.2.6.1	Velocità base di riferimento	176
17.2.2.6.2	Velocità di riferimento	177
17.2.2.6.3	Azioni statiche equivalenti	177
17.2.2.6.4	Pressioni del vento	178
17.2.2.6.5	Azione tangente del vento	178
17.2.2.6.6	Pressione cinetica di riferimento	178
17.2.2.6.7	Coefficiente di esposizione	178
17.2.2.6.8	Coefficienti aerodinamici	182
17.2.2.6.9	Coefficiente dinamico	182
17.2.2.6.10	Avvertenze progettuali	182
17.2.3	Azione termica	182
17.2.3.1	Effetti delle azioni termiche	183
17.2.4	Azione sismica	183
17.2.5	Azioni eccezionali	183
18.	CANTIERI E VIABILITÀ, ESPROPRI	185
18.1	CANTIERI	185
18.1.1	Generalità	185
18.1.1.1	Abbreviazioni a sigle usate nel testo	185
18.1.2	Specifiche tecniche per la redazione dei progetti di cantierizzazione	185

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

18.1.2.1	Sicurezza del lavoro	185
18.1.2.2	Rischi trasmessi dall'ambiente esterno al cantiere	186
18.1.2.3	Rischi trasmessi dal cantiere all'ambiente esterno	186
18.1.2.4	Condizioni igieniche dei lavoratori	187
18.1.2.5	Impatto ambientale	187
18.1.2.6	Interferenza con infrastrutture	187
18.1.2.7	Produttività	187
18.1.2.8	Preparazione e ripristino delle aree di cantiere	188
18.1.3	Dimensionamento delle aree di cantiere	188
18.1.4	Classificazione delle aree di cantiere	189
18.1.4.1	Caratteristiche generali dei cantieri	189
18.2	VIABILITÀ ED ACCESSO ALLE AREE DI CANTIERE	192
18.2.1	Viabilità interna all'area di cantiere	192
18.2.2	Viabilità provvisorie esterne all'area di cantiere	193
18.3	INTERFACCIA CON NUOVA SISTEMAZIONE SUPERFICIALE DEL TERRITORIO COMUNALE	194
18.4	RIPRISTINO DELLA SISTEMAZIONE SUPERFICIALE	195
18.5	ESPROPRI ED OCCUPAZIONE DELLE AREE	195
19.	INTERFERENZE	196
19.1	DEVIAZIONI SOTTOSERVIZI	196
19.2	ALBERATE	197
19.3	FALDA ACQUIFERA	197
19.4	ORDIGNI BELLICI	198
20.	FINITURE ARCHITETTONICHE	199
20.1	RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	199
20.2	ELABORATI GRAFICI	199
20.3	SUPERAMENTO BARRIERE ARCHITETTONICHE	201

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

21.	IMPIANTI NON DI SISTEMA DI STAZIONE	202
21.1	IMPIANTI IDRICO SANITARI	202
21.2	IMPIANTI DI DRENAGGIO E AGGOTTAMENTO DI STAZIONE	202
21.3	IMPIANTI DI VENTILAZIONE DI EMERGENZA IN STAZIONE	203
21.4	IMPIANTI DI SOVRAPPRESSIONE E SEPARAZIONE AEREAULICA	204
21.5	IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO DELLE STAZIONI (PER LE STAZIONI CON CLIMATIZZAZIONE)	205
21.5.1	Condizioni ambientali di riferimento	205
21.5.2	Qualità dell'aria	206
21.5.3	Impianto di condizionamento aree aperte al pubblico	206
21.5.4	Impianti di condizionamento aree tecniche	207
21.5.5	Disposizioni e verifica applicazione Linee Guida controllo legionellosi	207
21.5.6	Geotermia – (Geostrutture Energetiche)	208
21.5.7	Impianto termico	208
21.6	IMPIANTI ELETTRICI NON DI SISTEMA DI STAZIONE	209
21.6.1	Fonte dell'alimentazione elettrica primaria	210
21.6.2	Quadri di Stazione (secondari e a servizio delle utenze concentrate)	211
21.6.3	Elenco carichi elettrici	212
21.7	IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI VAGANTI	212
21.8	IMPIANTI FOTOVOLTAICI	213
21.9	IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE	213
21.9.1	Impianti di illuminazione normale stazioni	213
21.9.2	Impianti di illuminazione di sicurezza stazione	214
21.10	IMPIANTO RIVELAZIONE INCENDI DI STAZIONE	215
21.11	SCALE MOBILI	216
21.12	ASCENSORI ELETTRICI	217
21.13	IMPIANTI IDRICI ANTINCENDIO DI STAZIONE	218

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

21.13.1	Impianti water mist	219
22.	IMPIANTI NON DI SISTEMA DI GALLERIA, POZZI E MANUFATTI	220
22.1	IMPIANTI DI AGGOTTAMENTO DI GALLERIA	220
22.2	IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI EMERGENZA DI GALLERIA	220
22.3	IMPIANTI IDRICI ANTINCENDIO DI GALLERIA	221
22.4	IMPIANTI ELETTRICI DI POZZO E GALLERIA	222
22.4.1	Distribuzione primaria Pozzo e Galleria	222
22.4.2	Elenco carichi elettrici	224
22.5	IMPIANTI DI TERRA DI POZZO E DI GALLERIA	224
22.5.1	Pozzi provvisti di cabine di trasformazione	224
22.5.2	Pozzi non provvisti di cabine di trasformazione	224
22.5.3	Protezione contro le correnti vaganti (non legate al sistema di trazione)	224
22.6	IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE DI GALLERIA	226
22.7	IMPIANTI RIVELAZIONE INCENDI DI GALLERIA E POZZO	227
23.	GEOTERMIA	229
23.1	INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI PER LO SFRUTTAMENTO DEL CALORE ESTRATTO	229
23.2	SCELTE PROGETTUALI	230
23.2.1	Galleria di linea realizzata in TBM	231
23.2.2	Galleria di linea realizzata in C&C	232
23.2.3	Stazioni	234
23.3	ASPETTI IDRAULICI	234
23.4	SUDDIVISIONE DEL TRACCIATO IN TRATTE OMOGENEE	234
23.5	CALCOLO DELLA POTENZA TERMICA	235
23.6	CONSIDERAZIONI PROGETTUALI	236
24.	PREVENZIONE INCENDI	238
25.	ARMAMENTO	240
25.1	INTRODUZIONE	240

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

25.2	SISTEMA SU GOMMA	241
25.2.1	La via di corsa	241
25.2.2	Tipologie di sezione	241
25.2.2.1	Piattaforma a raso nel deposito-officina	241
25.2.2.2	Galleria artificiale a sezione rettangolare	242
25.2.2.3	Galleria a sezione circolare o policentrica	242
25.2.3	Piste di rotolamento	242
25.2.4	Guida laterale	243
25.2.5	Apparecchi di via	243
25.3	SISTEMA SU FERRO	244
25.3.1	Armamento con traverse bi-blocco	244
25.3.1.1	La via di corsa	244
25.3.1.2	Binario di linea	244
25.3.1.3	Galleria artificiale a sezione rettangolare	245
25.3.1.4	Galleria a sezione circolare o policentrica	245
25.3.1.5	Scambi di linea	245
25.3.2	Armamento con binario su ballast	245
25.3.3	Armamento antivibrante	246
25.3.3.1	Descrizione dell'armamento	246
25.3.3.2	La fondazione	247
25.3.3.3	La vasca flottante	247
25.3.3.4	Lo stopper	247
25.3.3.5	Il blocchetto estraibile	247
25.3.3.6	Il binario	248
26.	INTERFACCE GENERALI DELL'INFRASTRUTTURA CIVILE CON IL SISTEMA	249
26.1	GALLERIA CIRCOLARE O POLICENTRICA	249

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

26.2	GALLERIA ARTIFICIALE SCATOLARE	249
26.3	TRATTO DI LINEA NELLE ZONE DELLE STAZIONI SOTTERRANEE	250
26.4	EDIFICI DEPOSITO-OFFICINA (SOLO INFORMAZIONE)	250
27.	ASPETTI DA APPROFONDIRE NELLA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO	251
27.1	ASPETTI DI CARATTERE GENERALE	251
27.2	PRESCRIZIONI DEL RAPPORTO FINALE DELLA CONFERENZA DEI SERVIZI PAUR DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO	251
27.3	CONDIZIONI AMBIENTALI DEL PROCEDIMENTO DI VIA	252
27.3.1	Termine per la verifica di ottemperanza: ANTE OPERAM; antecedente l'approvazione del Progetto Esecutivo della Linea 2 Metropolitana di Torino.	252
27.3.1.1	Piano di Monitoraggio Ambientale	252
27.3.1.2	Consumo di suolo	252
27.3.1.3	Mobilità e trasporti	253
27.3.1.4	Acque reflue di cantiere	254
27.3.1.5	Acque sotterranee	254
27.3.1.6	Amianto:	255
27.3.1.7	Atmosfera	255
27.3.1.8	Avifauna:	256
27.3.1.9	Acustica:	256
27.3.1.10	CAM e fonti energetiche rinnovabili:	256
27.3.1.11	Canali irrigui (agricoltura):	257
27.3.1.12	Geostrutture energetiche:	257
27.3.1.13	Invarianza idraulica:	257
27.3.1.14	Tutela paesaggistica e architettonica	258
27.3.1.15	Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo	260
27.3.1.16	Interferenze con i siti contaminati	261
27.3.1.17	Gestione materiali da scavo:	261

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.3.1.18	Piano di Reperimento e Gestione materiali litoidi – Condizione ambientale prevista da Regione Piemonte, Settore Polizia Mineraria, Cave e Miniere, D.D. n. 332 del 01/08/2023, da recepire nelle singole autorizzazioni ai sensi della L.R. n. 23/2016:	262
27.3.2	Termine per la verifica di ottemperanza: successiva all'approvazione del progetto esecutivo, e nella fase antecedente l'INIZIO DEI LAVORI	263
27.3.2.1	Tutela della salute	263
27.3.2.2	Acque sotterranee:	263
27.3.2.3	Interferenze opera falda freatica	263
27.3.2.4	Interferenza opere di consolidamento e/o scavo con pozzi e piezometri	264
27.3.2.5	Geostrutture energetiche:	264
27.3.2.6	Atmosfera:	265
27.3.2.7	Polveri:	266
27.3.2.8	Tutela archeologica	267
27.3.2.9	Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo	273
27.3.2.10	Rumore - Monitoraggio acustico	274
27.3.2.11	Agricoltura, Uso del suolo	274
27.3.2.12	Geotecnica:	274
27.3.2.13	Gestione dei materiali da scavo da TBM EPB	274
27.3.2.14	Siti di destinazione finale	275
27.3.2.15	Caratterizzazione in corso d'opera	275
27.3.3	Termine per la verifica di ottemperanza: IN CORSO D'OPERA (dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento)	275
27.3.3.1	Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo	275
27.3.3.2	Acque sotterranee:	275
27.3.3.3	Geostrutture energetiche	276
27.3.3.4	Atmosfera	276
27.3.4	Termine per la verifica di ottemperanza: POST OPERAM	277
27.3.4.1	Tutela della salute	277
27.3.4.2	Acque sotterranee:	277

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.3.4.3	Atmosfera:	277
27.3.4.4	Paesaggio:	277
27.3.4.5	Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo	278
27.3.4.6	Rumore e vibrazioni	278
27.3.4.7	Acustica	278
27.3.4.8	Vibrazioni	278
27.3.5	Termine per la verifica di ottemperanza: PRIMA DELLA MESSA IN ESERCIZIO DELL'OPERA	278
27.3.5.1	CAM	278
27.4	AUTORIZZAZIONI, INTESE, CONCESSIONI, LICENZE, PARERI, CONCERTI, NULLA OSTA E ASSENSI COMUNQUE DENOMINATI, NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE E ALL'ESERCIZIO DEL MEDESIMO PROGETTO, E RELATIVE CONDIZIONI E PRESCRIZIONI (ESCLUSE LE CONDIZIONI AMBIENTALI DEL PROCEDIMENTO DI VIA)	279
27.4.1	Autorizzazione spostamento Beni Culturali	279
27.4.1.1	Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio	279
27.4.2	Parere esecuzione opere su immobili ed aree di interesse paesaggistico	279
27.4.2.1	Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio	279
27.4.3	Compatibilità paesaggistica delle opere	280
27.4.3.1	Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio	280
27.4.4	Interferenze dell'opera con TPL	280
27.4.5	Progetto di Prevenzione Incendi - Linea Metropolitana	280
27.4.6	Progetto di Prevenzione Incendi - Deposito Officina Rebaudengo	280
27.4.7	Elenco ulteriori pareri acquisiti nel PAUR	281
27.4.8	Interferenze con PPSS (reti dei Pubblici Servizi):	286
27.4.9	Interferenze tra il nuovo tracciato della Metro Linea 2 e l'asset ferroviario	286
27.4.9.1	Per la stazione di Torino Porta Nuova:	286
27.4.9.2	Per la stazione di Rebaudengo Fossata:	288
27.4.10	Elenco delle autorizzazioni da acquisire nelle fasi successive	288

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.4.10.1	Rifiuti	288
27.4.10.2	Titoli per il sottoattraversamento del Fiume Dora Riparia:	289
27.4.10.3	Elenco ulteriori pareri da acquisire nelle fasi successive	289
27.5	GESTIONE E UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	291
28.	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	293
29.	PRESTAZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA E SALUTE DURANTE LA PROGETTAZIONE DEI LAVORI AI SENSI DEL D.LGS. 81/2008 E S.M.I.	294
30.	CRITERI GENERALI DELLA VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE	296
31.	PRESTAZIONI ACCESSORIE ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA	298
31.1	INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE ED AMBIENTALI IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA	298
31.2	SONDAGGI DI VERIFICA ARCHEOLOGICA	307
31.3	MONITORAGGIO AMBIENTALE ANTE-OPERAM	307
31.4	INDAGINI SU FABBRICATI ESISTENTI	308
31.5	APPROFONDIMENTI SUI RILIEVI TOPOGRAFICI	309

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan della Linea 2	22
Figura 2.	Schema geometrico	106
Figura 3.	Possibili meccanismi di collasso: a) sollevamento del tampone di fondo e delle opere di sostegno; b) sollevamento del tampone di fondo; c) rottura del tampone di fondo.	108
Figura 4.	Meccanismo di rottura del tappo di fondo	109
Figura 5.	Schematizzazione metodo di Wood	116
Figura 6.	Zona di influenza minima per scavi in C&C	117
Figura 7.	Diagramma per la valutazione del coefficiente N_q (Berezantzev, 1965)	120
Figura 8.	Procedura "trial & error"	130
Figura 9.	Modello costitutivo Hardening Soil	130
Figura 10.	Rivestimento di prima fase – Caratteristiche equivalenti (Carlos Carranza Torres 2004)	131
Figura 11.	Fasi di scavo e rilasci per la realizzazione di un tunnel	133
Figura 12.	Meccanismo di scivolamento secondo Horn (1961)	138
Figura 13.	Meccanismo di rottura secondo Horn 1961 - Anagnostou & Kovári (1994)	141

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Figura 14. Schema concettuale del metodo per la definizione della pressione al fronte (Carranza-Torres 2004)	142
Figura 15. Metodo della riduzione della resistenza utilizzato per il calcolo della pressione di supporto al fronte (Carranza-Torres 2004)	143
Figura 16. Caso 1) modello a membrana – caso 2) modello con penetrazione dello slurry (Anagnostou & Kovari, 1994)	145
Figura 17. Riduzione del FS con $d_{10}=0.3\text{mm}$ and yield strenght= 10Pa	147
Figura 18. Riduzione del FS con $d_{10}=0.3\text{mm}$ and yield strenght= 7Pa	147
Figura 19. Riduzione del FS con $d_{10}=0.3\text{mm}$ and yield strenght= 5.5Pa	148
Figura 20. intervallo della pressione operativa di sostegno del fronte, deviazioni ammissibili, valori di blow-out e valori di rottura per spinta passiva ed attiva.	149
Figura 21. Diagramma di flusso per il progetto e verifica del rivestimento	154
Figura 22. Curva di fuoco standard considerata per la progettazione al fuoco	157
Figura 23. Condizioni di carico transitorie	158
Figura 24. Applicazione della spinta sui conci	158
Figura 25. Esempio di modellazione 2D per un tunnel in scavo meccanizzato	159
Figura 26. Zona di influenza minima per scavi	160
Figura 27. Schema di funzionamento dell'impianto per la galleria di linea realizzata in TBM ed attrezzata con conci energetici.	232
Figura 28. Schema del circuito idraulico e delle connessioni in serie di 2 pannelli relativi all'attivazione termica dei diaframmi con profondità compresa tra 25 e 42 m della galleria realizzata in C&C.	233

INDICE DELLE TABELLE

Figura 1: Schema dorsali MT	64
Figura 2: Tipico di distribuzione e alimentazione delle cabine MT/BT	65
Tabella 1. Valori minimi della Vita Nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzione	99
Tabella 2. Valori del Coefficiente d'uso CU	100
Tabella 3. Coefficienti amplificativi dei carichi secondo NTC 2018	107
Tabella 4. Valori di $q_{b,max}$ per terreni a grana grossa (Gwizdala, 1984)	120
Tabella 5. Fattore moltiplicativo C secondo Hashash, 2001	128
Tabella 6. Fattore moltiplicativo k secondo Hashash, 2001	129
Tabella 7. Caratteristiche rivestimento di prima fase in Plaxis2D	132
Tabella 8. Fattori di sicurezza parziale dei materiali	134
Tabella 9. Coefficienti parziali per le azioni come da Tab. 6.2.I delle NTC18	138
Tabella 10. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici come da Tab. 6.2.II delle NTC18	139
Tabella 11. Coefficienti parziali per le verifiche a sollevamento come da Tab. 6.2.III delle NTC18	139
Tabella 12. Combinazioni di carico per il rivestimento strutturale	155
Tabella 13. Combinazioni di carico per carichi temporanei applicati ai conci	157

1. INTRODUZIONE

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1 – "Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni per la fase di progettazione esecutiva e/o per la fase di costruzione" è parte integrante della documentazione relativa alla Progettazione Definitiva della Linea 2 della Metropolitana di Torino - tratta Politecnico-Rebaudengo.

1.1 Premessa

La linea 2 della metropolitana di Torino avrà uno sviluppo totale di circa 28 km e comprenderà 32 stazioni. La linea sarà di tipo "automatico leggero" senza conducente, di caratteristiche simili a quelle della linea 1, ma si differenzierà necessariamente da essa in termini di "sistema ferroviario" e di dimensioni dei rotabili, anche per tener conto dello sviluppo tecnologico intervenuto. Coerentemente con le fasi progettuali precedenti, la linea guida progettuale è quella di stabilire una geometria delle stazioni e della galleria che potesse essere compatibile con tutti i principali sistemi di metropolitana automatica presenti sul mercato senza selezionare un sistema "proprietario".

Il Progetto di Fattibilità Tecnica Economica (nel seguito detto anche PFTE) della Linea 2 della Metropolitana di Torino è stato sviluppato nel 2019 e validato dal RUP, ai sensi dell'art. 26, comma 8, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. in data 8 gennaio 2020. Il tracciato dell'intera linea, nella sua configurazione finale, è suddiviso in tre tratte principali di seguito descritte.

- Tratta centrale:
 - estensione circa 15700 m;
 - numero di stazioni 23.
- Tratta nord (che corrisponde al prolungamento nord-est):
 - estensione circa 6500 m;
 - numero di stazioni 4.
- Tratta sud (che corrisponde al prolungamento sud-ovest):
 - estensione circa 5700 m;
 - numero di stazioni 5.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

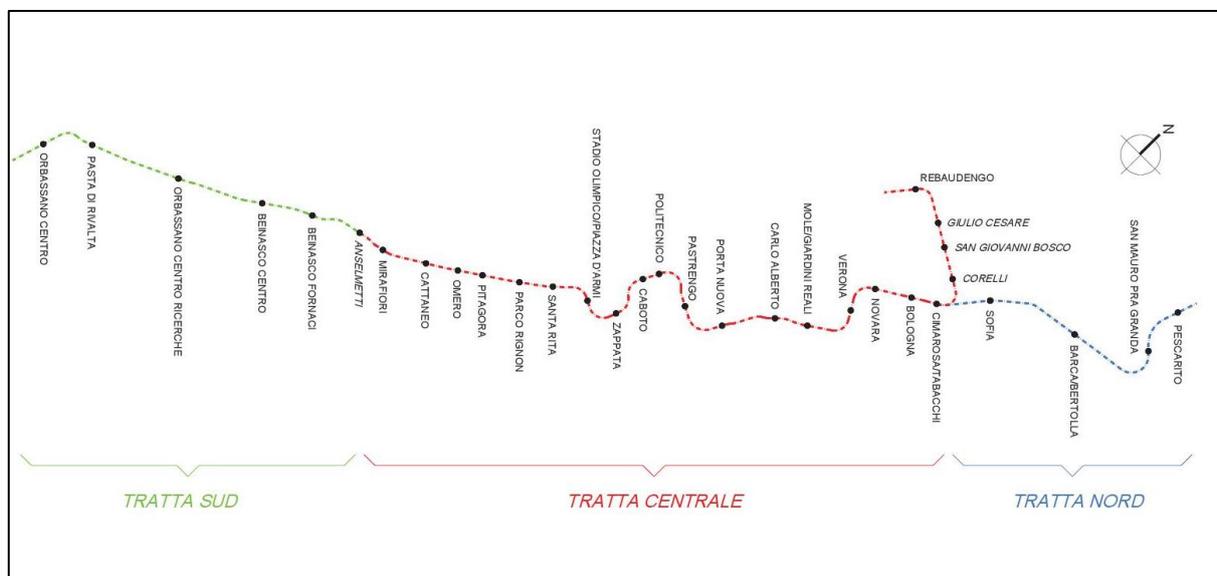


Figura 1. Key-plan della Linea 2

I soggetti incaricati della verifica hanno provveduto ad emettere il Rapporto Conclusivo in data 24 dicembre 2019 ed il RUP ha validato il progetto ai sensi dell'art. 26, comma 8, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. in data 8 gennaio 2020.

Dal calcolo sommario della spesa sono stati desunti i costi complessivi dell'opera, che ammontano ad Euro 4.926.274.272,00 (I.V.A. ed eventuali contributi compresi – anno di riferimento 2019).

La Legge n. 160 del 27/12/2019 (c.d. Legge Finanziaria) ha previsto uno stanziamento di 828 milioni di Euro, fra gli anni 2020 e 2032, destinato alla progettazione e alla realizzazione della Linea 2 della Metropolitana di Torino.

La Giunta Comunale, con Deliberazione n. mecc. 202000368/34 in data 7 febbraio 2020, ha approvato in linea tecnica il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della Linea 2, dando mandato agli uffici della Città di avviare l'iter previsto dall'art. 27 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., tramite l'indizione della specifica Conferenza dei Servizi ai sensi della Legge 241/1990 e s.m.i.

La Città di Torino, in data 25 maggio 2020, ha sottoscritto un Protocollo d'Intesa con Cassa Depositi e Prestiti, con il quale, quest'ultima, si impegna a fornire assistenza all'Amministrazione Comunale, finalizzata alla realizzazione del Progetto della Linea 2 della Metropolitana di Torino.

La Città di Torino, allo scopo di acquisire le prescrizioni e i pareri degli Enti coinvolti e dei gestori delle reti, ha avviato la procedura della Conferenza dei Servizi ai sensi dell'articolo 27 del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i., che si è conclusa con la Determinazione Dirigenziale n. 2964 in data 8 settembre 2020 che ha preso atto dei pareri pervenuti.

Nella prima seduta della suddetta Conferenza di Servizi si è convenuto il ricorso al modello procedimentale dell'Accordo di Programma in variante urbanistica al P.R.G., ai sensi dell'art. 34

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

del T.U.E.L., per pervenire all'approvazione coordinata del predetto PFTE da parte di tutti i Comuni interessati.

Il competente Servizio Adempimenti Tecnico Ambientali della Città di Torino, a seguito di istanza del 12 maggio 2020 da parte del Servizio Ponti, Vie d'Acqua e Infrastrutture, ha dato avvio alla fase di scoping sul PFTE della Linea 2, ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 152/2006, la quale si è conclusa con la Determinazione Dirigenziale n. 2248 in data 14 luglio 2020.

La Città di Torino, in data 28/10/2020 ha stipulato specifica convenzione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che regola le modalità di erogazione del finanziamento di 828 milioni di Euro, assegnato dalla Legge Finanziaria e destinato alla progettazione definitiva della tratta Rebaudengo – Politecnico e alla realizzazione della sub-tratta Rebaudengo – Novara.

Con Delibera della Giunta Comunale n. mecc. 202002495/34 in data 17 novembre 2020 è stato approvato lo schema del Contratto regolante i rapporti tra Città di Torino e Infratrasporti.To s.r.l. per l'affidamento dei servizi di ingegneria inerenti la progettazione definitiva della tratta Politecnico – Rebaudengo della linea 2 di metropolitana.

Considerato che Infratrasporti.To è la società *in house* del Comune di Torino che svolge in conformità all'art. 4 del D. Lgs. n. 175/2016 s.m.i. e allo Statuto Sociale, le attività di engineering, di progettazione, di costruzione e sviluppo di impianti, sistemi e infrastrutture, anche ferroviari, per i sistemi di trasporto delle persone e delle merci, con Deliberazione di Consiglio Comunale n. mecc. 202001849/34 in data 26/10/2020 l'Amministrazione ha approvato l'indirizzo di avvalersi della Società Infratrasporti.To S.r.l. per la redazione del progetto definitivo della tratta Rebaudengo – Politecnico della Linea 2 della Metropolitana di Torino.

Lo sviluppo della progettazione avverrà per lotti successivi sulla base della disponibilità del relativo finanziamento. Qualora in futuro si realizzino le condizioni affinché la Città di Torino possa considerare la realizzazione della progettazione di altri lotti dell'opera, l'eventuale affidamento alla medesima Società Infratrasporti.To S.r.l. sarà assoggettato alle verifiche previste dalle norme vigenti e verranno perseguiti gli indirizzi espressi dal Consiglio Comunale con la Deliberazione n. mecc. 202001849/34 in data 26/10/2020.

In virtù degli approfondimenti effettuati e coerentemente con i contenuti della Convenzione stipulata con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Città di Torino intende dare priorità allo sviluppo del progetto definitivo della tratta funzionale Rebaudengo - Politecnico, che comprenda tutti gli accorgimenti tecnici per rendere esercibile la tratta in questione, ivi compreso un deposito provvisorio nella parte retrostante la stazione Rebaudengo.

La Città di Torino nell'ambito del contratto su menzionato ha affidato ad Infra.To i servizi di ingegneria inerenti alla revisione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del Progetto Definitivo della tratta funzionale Rebaudengo – Politecnico della Linea 2 di Metropolitana.

In data 14/07/2021 Infra.To ha emesso la revisione del PFTE finalizzata a rendere esercibile la prima tratta funzionale prioritaria Rebaudengo – Politecnico. che ha uno sviluppo di circa 9,7 km, comprende 13 stazioni, 13 pozzi intertratta, un deposito/officina, un pozzo avente funzione di

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

uscita di emergenza e la predisposizione per il manufatto di bivio in corrispondenza della stazione Cimarosa/Tabacchi.

Al fine di rendere funzionale la tratta, è stato necessario introdurre le seguenti opere/modifiche:

- Ampliamento del manufatto denominato Retrostazione Rebaudengo, modificandone la configurazione al fine di disporre di un deposito-officina, caratterizzato da un nuovo layout funzionale che permetta di eseguire gli interventi di manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio;
- la stazione Politecnico è stata approfondita di un livello, passando quindi dalla tipologia a 3 livelli ad una tipologia a 4 livelli interrati; questa modifica, derivante dall'abbassamento della livelletta nel tratto compreso tra le stazioni adiacenti a quella del Politecnico, ovvero Stazione Caboto e Stazione Pastrengo, si è resa necessaria al fine di realizzare un tronchino in retrostazione a sud della Stazione Politecnico, avente la duplice funzione di permettere durante il servizio della linea l'inversione di marcia dei treni ed a fine servizio il parcheggio in linea di 4 vetture;
- introduzione di un pozzo di estrazione della Tunnel Borin Machine (TBM) che scaverà la galleria di linea nella tratta dal fondo del manufatto del pozzo Novara in direzione Politecnico.

Con successivo Decreto n. 92 in data 20 aprile 2022 del Ministro per le Infrastrutture e la Mobilità Sostenibili, di concerto con il Ministro dell'Economia e delle Finanze, sono stati assegnati alla Città di Torino ulteriori 1.000 milioni di Euro per il completamento della tratta Rebaudengo – Politecnico, le cui modalità di erogazione saranno definite con successivo provvedimento della Direzione Generale per il trasporto pubblico locale e regionale e la mobilità pubblica sostenibile del MIMS.

Al fine di garantire la conformità urbanistica del PFTE della tratta prioritaria Politecnico-Rebaudengo, è stato avviato l'iter per l'approvazione della variante al PRG attraverso la procedura della Variante Semplificata, ai sensi del combinato disposto dell'art. 17 bis commi 2 e 6 della L.U.R. n. 56/1977 e s.m.i., come anche definito nell'Accordo Territoriale sottoscritto in data 29/09/2021 tra la Città Metropolitana di Torino e i Comuni di Torino, Beinasco, Orbassano, Rivalta di Torino e San Mauro Torinese. Pertanto, con nota prot. 5134 del 10/06/2022 venivano trasmessi all'Autorità Competente gli Elaborati Urbanistici ed Ambientali inerenti alla pratica di variante.

In data 28/07/2022 il Dipartimento Urbanistica ed Edilizia Privata - Divisione Urbanistica e Qualità dell'Ambiente Costruito - ha avviato la Conferenza dei Servizi per l'approvazione di Variante Semplificata ai sensi dell'art. 17 bis commi 2 e 6 della L.U.R. 56/1977 e artt. 14 e ss della L. 241/1990 e s.m.i. per la realizzazione della Linea 2 della Metropolitana Torinese – Tratta Rebaudengo-Politecnico. A seguito della relativa Conferenza dei servizi, la Verifica di VAS alla "Variante Semplificata al PRGC n. 333 si è conclusa con la Determinazione Dirigenziale n. 5168 del 26/10/2022 e con l'esclusione dal procedimento della VAS, ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e come previsto dalla L.U.R. 56/77 e s.m.i. e dalla D.G.R. 29 febbraio 2016 n.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

25-2977. L'esclusione dalla VAS è stata subordinata al rispetto delle prescrizioni individuate nei pareri e contributi resi dai Soggetti Competenti in materia Ambientale (SCA) e dall'OTC, prescrizioni riportate nell'allegato "Relazione e Verbale del 17/10/2022" (Allegato n. 18 alla D.D. sopra citata), da recepire nelle successive fasi e con distinzione fra le Prescrizioni da recepire con modifiche/integrazioni agli elaborati costituenti il progetto di Variante urbanistica o il P.F.T.E. dell'opera e le Prescrizioni da recepire con modifiche/integrazioni agli elaborati costituenti il Progetto Definitivo dell'opera e, in particolare nello Studio di Impatto Ambientale a corredo dell'istanza di PAUR ai sensi dell'art. 23 comma 1 del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i..

Con Determinazione Dirigenziale n. 1833 del 14/04/2023 dell'Autorità Procedente, a seguito della Conferenza di Servizi indetta con prot. n. 757 del 15/02/2023, è stata approvata la Variante semplificata al PRGC n. 333 che ha apposto il vincolo preordinato all'esproprio e garantito la conformità urbanistica del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica al vigente P.R.G..

Con Delibera n. 251 del 15 maggio 2023, il Consiglio Comunale ha ratificato l'approvazione della Variante n. 333 al P.R.G. ai sensi dell'art. 17 bis commi 2 e 6 della L.U.R. n. 56/1977, come aggiornata in recepimento delle condizioni espresse nell'ambito delle Conferenze dei Servizi, la quale è divenuta efficace a seguito della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione.

Con D.G.C. n. 320/2023 del 06/06/2023 ad oggetto "Linea 2 della metropolitana torinese – tratta Rebaudengo-Politecnico - Approvazione Progetto di Fattibilità Tecnico Economica EURO 1.826.909.712,69" è stata approvata la Revisione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica nel tratto del Comune di Torino compreso fra Rebaudengo e Politecnico.

Il Progetto Definitivo è sviluppato a partire dalla Revisione del PFTE finalizzata all'adeguamento delle esigenze connesse allo stralcio progettuale della tratta funzionale prioritaria Politecnico – Rebaudengo con indicazione delle caratteristiche tecnico-funzionali che ne rendano possibile l'esercibilità.

Inoltre, nel corso del Progetto Definitivo si è ottemperato alle prescrizioni/osservazioni formulate sia nella fase di scoping al PFTE che alle prescrizioni derivanti dalla summenzionata Variante n. 333 urbanistica al PRGC.

Con nota prot. n. 10946 del 05/12/2022, il Dipartimento Grandi Opere, Infrastrutture e Mobilità della Città di Torino, in qualità di Proponente, ha presentato alla Divisione Qualità Ambiente del Dipartimento Ambiente Transizione Ecologica della Città di Torino, istanza per l'avvio del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR) ai sensi dell'art. 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006 relativamente al Progetto Definitivo della Linea 2 della Metropolitana di Torino per la tratta Rebaudengo – Politecnico, ricadente interamente nel Comune di Torino. Il procedimento di PAUR comprende il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e l'acquisizione dei Titoli Abilitativi del Progetto Definitivo "Linea 2 della Metropolitana di Torino, Tratta Rebaudengo – Politecnico nel Comune di Torino", ai sensi e per gli effetti degli art. 7 e 8 della Legge 7 agosto 1990 n. 241.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Con nota prot. n. 11074 del 07/12/2022 il Direttore del Dipartimento Ambiente Transizione Ecologica della Città di Torino, in qualità di Autorità Competente, ha avviato il procedimento in parola che, ai sensi dell'art. 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006, si è articolato nelle fasi di verifica di completezza, adeguatezza, pubblicazione e avvio della consultazione del pubblico. Nel corso dell'iter, il Proponente ha interagito con i diversi enti coinvolti, e, dove necessario, ha provveduto a trasmettere alcune integrazioni/revisioni documentali, per rispondere ad osservazioni pervenute.

Con nota n. 6326 del 09/06/2023 il Responsabile del Procedimento ha avviato il procedimento di VIA e il rilascio di tutti i titoli abilitativi per la realizzazione e l'esercizio del progetto della Linea 2 della Metropolitana di Torino e la Conferenza di Servizi si è riunita in prima seduta illustrativa in data 27/06/2023. Con nota n. 7233 del 30/06/2023 è stata convocata la seconda riunione della Conferenza di Servizi che si è svolta in data 27/07/2023 e con nota n. 8787 e n. 8788 del 11/08/2023 è stata convocata la terza riunione della Conferenza di Servizi che è stata avviata in data 05/09/2023 con prosecuzione nel giorno 08/09/2023.

Con Determina Dirigenziale prot. n.5223 del 22/09/2023 del Dipartimento Ambiente e Transizione Ecologica della Città di Torino, preso atto delle valutazioni e proposte di prescrizioni tecniche/condizioni ambientali manifestate nel corso delle riunioni della Conferenza di Servizi e nelle note trasmesse all'uopo dai soggetti intervenuti e/o non intervenuti alle riunioni, in ordine al progetto, e preso atto del giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso, subordinatamente all'ottemperanza delle condizioni ambientali riportate nel Rapporto finale della Conferenza di Servizi Decisoria (contenuto nel "Rapporto istruttorio" della D.D. prot. n. 5223 del 22/09/2023), sono stati acquisiti i titoli abilitativi ed è stato definito il programma temporale per i titoli da conseguire separatamente e successivamente ai sensi del comma 7-bis dell'art. 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006. Nella stessa D.D. prot. n. 5223 del 22/09/2023 è specificata la sussistenza delle condizioni per il rilascio del parere favorevole unico, ai sensi dell'articolo 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006 ed è stata stabilita la durata del provvedimento di espressione di tale parere in 15 anni dalla sua avvenuta pubblicazione all'Albo Pretorio telematico della Città di Torino, fermo restando che l'efficacia temporale dei rispettivi titoli abilitativi acquisiti è quella definita nei singoli provvedimenti secondo le specifiche norme di settore. Le condizioni e le misure supplementari relative ai titoli abilitativi necessari alla realizzazione e all'esercizio del progetto Linea 2 Metropolitana di Torino, acquisiti nell'ambito del procedimento di PAUR in oggetto, sono rinnovate e riesaminate, controllate e sanzionate con le modalità previste dalle relative disposizioni di settore da parte di ciascuno dei Soggetti titolari al rilascio degli stessi.

Infine, in continuità con le direttive impartite nell'ambito delle precedenti fasi di Progettazione, dove la decisione tecnica dell'Amministrazione è stata quella di lasciare aperta l'individuazione del Sistema per la Linea 2 della Metropolitana di Torino, anche nella presente fase di progettazione definitiva, l'infrastruttura è stata dimensionata tenendo in conto la necessità di un "involuppo" progettuale delle soluzioni tecnologiche e del materiale rotabile, basate sulle caratteristiche di un Sistema "ottimale", non proprietario, ma avente per ogni sotto funzione, il miglior compromesso tra specifiche e costi realizzativi, utilizzando le migliori tecnologie disponibili al momento della

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

realizzazione dell'opera. Alcuni punti fermi sono mandatori, ossia che il Sistema sia di tipo "Driverless", ad automazione integrale e dotato dei più recenti sistemi di sicurezza.

1.2 Struttura del documento

Le presenti Specifiche Tecniche sono parte integrante dei documenti contrattuali relativi alla gara per la progettazione esecutiva della Linea 2 di Metropolitana Automatica della Città di Torino, tratta funzionale 1 "Politecnico-Rebaudengo".

2. DEFINIZIONI

Le dizioni ed espressioni qui di seguito specificate sono menzionate nei Documenti Contrattuali e stanno ad indicare o a definire quanto segue:

- a) Opere Civili: l'insieme delle opere al rustico, relative agli aspetti di geotecnica e strutture incluse nell'ambito dall'Appalto
- b) Opere Impiantistiche non di sistema: i sistemi e i singoli appalti componenti una singola o più parti di impianto inerenti le discipline meccaniche, elettriche e speciali (MEP) relativi al contesto non di sistema, ovvero non concernenti il sistema ferroviario.
- c) Opere Impiantistiche di sistema: i sistemi e i singoli appalti componenti una singola o più parti di impianto inerenti le discipline meccaniche, elettriche e speciali relativi al contesto di sistema, ovvero concernenti il sistema ferroviario (treno, telecontrollo, alimentazione di trazione, alimentazione primaria, dati, comunicazione, telefonia, TVCC, porte di banchina, etc.)
- d) Opere impiantistiche controllo e accesso di stazione: impianti varchi ed emettitrici.
- e) INFRATRASPORTI.TO S.r.l.: Società con sede in Torino, Corso Novara, n. 96, società in house della Città di Torino.
- f) Committente: Città di Torino, che intende conferire all'Aggiudicatario l'incarico relativo alle prestazioni oggetto del Contratto.
- g) Appaltatore: La persona fisica o giuridica che, con la firma del Contratto, si impegna a fornire le prestazioni oggetto del presente Contratto, redigendo la progettazione esecutiva e realizzando i lavori della Metropolitana così come definito dal Codice degli Appalti.
- h) Contraenti o Parti: l'Appaltatore ed il Committente.
- i) Contratto: l'atto o il complesso degli atti contenenti gli accordi tra i Contraenti per l'esecuzione delle Prestazioni previste.
- j) Data di decorrenza del Contratto: agli effetti dell'applicazione delle clausole contrattuali, si intende la data di notifica del Contratto.
- k) Importo del Contratto: l'ammontare complessivo delle Prestazioni riportato nel Contratto.
- l) Date Contrattuali: le date stabilite nei Documenti Contrattuali che vincolano le Parti al rispetto delle scadenze significative in relazione alle Prestazioni da effettuare.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- m) Documenti Contrattuali: l'insieme dei documenti che definiscono e regolano i rapporti tra le Parti.
- n) Giorni di calendario o solari: i giorni consecutivi compresi i sabati, le domeniche e le festività riconosciute come tali dallo Stato. Le dizioni "giorni" e "periodi di tempo" avranno il significato di giorni di calendario.
- o) Giorni lavorativi: i giorni di calendario escluse le domeniche e le festività riconosciute come tali dallo Stato a tutti gli effetti civili (Legge n. 260 del 27.5.1949, Legge n. 54 del 5.3.1977, Legge n. 792 del 28.12.1985 e successive modifiche ed integrazioni).
- p) Progettista: La persona fisica designata dall'Appaltatore, ai sensi e per gli effetti della vigente normativa, a dirigere e coordinare tutte le attività di progettazione comprese quelle collaterali e conseguenti al fine di produrre il Progetto Esecutivo.
- q) Documenti di Progetto: l'insieme degli elaborati (modelli BIM, disegni, relazione tecniche, relazioni di calcolo, computi metrici, armature, schemi, note tecniche, ecc.) che saranno sviluppati, ad un livello di approfondimento tipico del Progetto Esecutivo, dall'Appaltatore in funzione delle presenti specifiche tecniche.
- r) Progetto Definitivo: l'insieme degli elaborati (disegni, relazione tecniche, relazioni di calcolo, computi metrici, armature, schemi, cronoprogrammi, note tecniche, ecc.) sviluppati dal Committente.
- s) Carta dell'Architettura: Documenti guida della qualità del Progetto Architettonico redatti dal Consulente incaricato dal Committente.
- t) Elaborati Progettuali Esecutivi: L'insieme degli elaborati (disegni, relazioni tecniche, relazioni di calcolo, computi metrici, armature, schemi, cronoprogrammi, note tecniche, ecc.) sviluppati dall'Appaltatore (o suo Progettista), atti a produrre anche per fasi funzionali il Progetto Esecutivo cantierabile così come definito dalla D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.
- u) Elaborati Costruttivi: affinamento della Progettazione Esecutiva costituita dall'insieme degli elaborati (disegni, relazioni tecniche, relazioni di calcolo, computi metrici, tabelle di sagomatura ferri, schemi, cronogrammi, note tecniche, ecc.) sviluppati, dall'Appaltatore dei Lavori sulla base del Progetto Esecutivo, nel corso dei Lavori per adeguamenti alle effettive condizioni realizzative e/o alle metodologie esecutive.
- v) Responsabile del Procedimento: Il rappresentante del Committente delegato alla gestione dell'intervento.
- w) Responsabile dei Lavori: soggetto che può essere incaricato dal committente per svolgere i compiti ad esso attribuiti dal presente decreto; nel campo di applicazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, e successive modificazioni, il responsabile dei lavori è il responsabile del procedimento (Art. 58 del d.lgs. n. 106 /2009).
- x) Coordinatore in materia di Sicurezza in fase di progettazione: soggetto incaricato, dal committente o dal responsabile dei lavori, dell'esecuzione dei compiti di cui all'articolo 91 del D. Lgs 81/2008.
- y) Direttore dei Lavori: La persona fisica designata a svolgere il compito di Direzione Lavori ai sensi e per gli effetti della vigente normativa.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- z) Responsabile dell'affinamento della Progettazione Esecutiva: La persona fisica designata a coordinare e dirigere tutte le attività inerenti la Progettazione in fase di esecuzione dei Lavori.
- aa) Coordinatore in materia di Sicurezza in fase di esecuzione: soggetto incaricato, dal committente o dal responsabile dei lavori, dell'esecuzione dei compiti di cui all'articolo 92 del D. Lgs 81/2008, che non può essere il datore di lavoro delle imprese affidatarie ed esecutrici o un suo dipendente o il responsabile del servizio di prevenzione e protezione (RSPP) da lui designato.
- bb) Documenti di Appalto dei Lavori: l'insieme dei documenti di gara contrattuali e di informazione dell'appalto dei lavori forniti dal Committente all'Appaltatore dei Lavori per la realizzazione della Metropolitana.
- cc) Gruppo di lavoro: rappresentante dell'Appaltatore preposto allo svolgimento dell'incarico affidato.
- dd) Tipologia di Opere: nell'ambito della Metropolitana si individuano principali tipologie di opere: gallerie, stazioni, deposito; uscite di stazioni e sistemazioni di superficie.
- ee) Lotto di Appalto: Gruppo di lavori appaltabili separatamente.
- ff) Installazioni o Impianti di Cantiere: I baraccamenti, gli impianti fissi e mobili, i macchinari, i depositi installati provvisoriamente e gli allacciamenti necessari all'Appaltatore dei Lavori al fine di poter eseguire i lavori ad esso appaltati.
- gg) Codice degli Appalti: D.Lgs.vo n. 36 del 31/03/2023 – codice dei contratti pubblici
- hh) Documenti di Progetto: l'insieme degli elaborati (modelli BIM, disegni, relazione tecniche, relazioni di calcolo, computi metrici, armature, schemi, note tecniche, ecc.) che saranno sviluppati, ad un livello di approfondimento tipico del Progetto Esecutivo, dall'Appaltatore su indicazione del Committente ed in funzione delle presenti specifiche tecniche.
- ii) Specifiche tecniche: le linee guida che disciplinano le modalità attraverso le quali dovrà essere svolto la progettazione esecutiva.
- jj) BIM: Building Information Modeling.
- kk) Capitolato Informativo: il documento attraverso il quale il Committente esprime le sue esigenze e i requisiti minimi informativi richiesti al Progettista.
- ll) Offerta per la Gestione Informativa (oGI): il documento emesso dal Progettista come risposta alle richieste contenute all'interno del Capitolato Informativo.
- mm) Piano per la Gestione Informativa (pGI): il documento emesso dal Progettista a seguito dell'aggiudicazione dell'Appalto, in cui si specifica con maggior dettaglio quanto dichiarato nella precedente Offerta per la Gestione Informativa.
- nn) Piattaforma di collaborazione, Ambiente di Condivisione Dati (CDE o ACDat): l'ambiente di raccolta organizzata e condivisione dati relativi a modelli ed elaborati digitali, riferiti ad una singola opera o ad un singolo complesso di opere.
- oo) WBS (Work Breakdown Structure): la scomposizione gerarchica delle opere da eseguire in cui ogni livello successivo comporta una definizione più dettagliata del lavoro previsto.

3. LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO PER IL PROGETTO ESECUTIVO

3.1 Premessa

L'Aggiudicatario dovrà rispettare tutte le disposizioni di legge rilevanti ai fini dell'espletamento dell'incarico attenendosi inoltre a tutte le modifiche ed integrazioni delle norme e leggi vigenti e/o alle norme e leggi nuove, che dovessero essere introdotte durante la validità del Contratto.

Si richiamano a titolo esemplificativo e non esaustivo le disposizioni riportate nel seguito.

3.2 Legislazione e normative tecniche

La legislazione di riferimento nel campo dei lavori pubblici è rappresentata dalle norme di seguito specificate.

3.2.1 Norme di carattere generale

- [1] D.lgs. n. 36 del 31/03/2023 e s. m.i. Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici - G.U. n. 77 del 31 marzo 2023 - S.O. n. 12.
- [2] D.lgs. n. 50 del 18/04/2016 e s.m.i.: Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.
- [3] D.P.R. n. 207 del 5/10/2010: Regolamento di attuazione nelle parti ancora in vigore.
- [4] D.M. n. 560 del 01/12/2017: Modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche.
- [5] UNI 11337:2017 - Edilizia e opere di Ingegneria Civile: Gestione digitale dei processi informativi:
 - Parte 1 – Descrizione dei modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotto e processi
 - Parte 4 – Evoluzione e sviluppo di tali modelli, elaborati e oggetti informativi
 - Parte 5 – Flussi informativi nei processi digitalizzati
 - Parte 6 – Redazione del capitolato informativo
 - Parte 7 – Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.
- [6] UNI EN ISO 19650 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM)
 - Parte 1 – Concetti e principi
 - Parte 2 – Fase di consegna dei cespiti immobiliari

3.2.2 Norme per la progettazione delle opere civili e architettoniche

- [7] Legge n. 1086 del 05/11/1971: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [8] DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" - NTC2018 - (GU n.42 del 20/02/2018).
- [9] Circolare esplicativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 21 gennaio 2019, n.7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).
- [10] D.M. 21/10/2015: "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane".
- [11] D.M. 16/02/2007 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- [12] UNI 9503-2007: "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio".
- [13] UNI EN 206:2021, "Calcestruzzo – Parte 1: specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- [14] UNI 11104-2016, "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- [15] UNI EN 1090-1:2012 – "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali".
- [16] Stucchi M., et al., 2004 - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. (<https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>).
- [17] Azioni sismiche - Spettri di risposta ver.1.03 (Software sperimentale disponibile dal sito del CSLLPP, <http://cslp.mit.gov.it>).

Quando necessario, sono altresì assunti a riferimento i Codici Normativi Europei nella loro ultima revisione) sottoelencati:

- [18] Eurocode 0 - Criteri generali di progettazione strutturale
- [19] UNI EN 1990:2006 Criteri generali di progettazione strutturale
- [20] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture
- UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici
 - UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco
 - UNI EN 1991-1-3:2015 Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve
 - UNI EN 1991-1-4:2010 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento
 - UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
 - UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione
 - UNI EN 1991-1-7:2014 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
 - UNI EN 1991-3:2006 Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari
 - UNI EN 1991-4:2006 Parte 4: Azioni su silos e serbatoi
- [21] Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo
- UNI EN 1992-1-1:2015 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
 - UNI EN 1992-1-2:2019 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
 - UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Strutture di contenimento liquidi
 - UNI EN 1992-4:2018 Parte 4: "Progettazione di ancoraggi su calcestruzzo"
- [22] Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- UNI EN 1993-1-1:2014 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
 - UNI EN 1993-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1993-1-3:2007 Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
 - UNI EN 1993-1-4:2021 Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
 - UNI EN 1993-1-5:2019 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
 - UNI EN 1993-1-6:2017 Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio
 - UNI EN 1993-1-7:2007 Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano
 - UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
 - UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica
 - UNI EN 1993-1-10:2005 Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
 - UNI EN 1993-1-11:2007 Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
 - UNI EN 1993-1-12:2007 Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700
 - UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio
 - UNI EN 1993-3-1:2007 Parte 3-1: Torri, pali e ciminiere - Torri e pali
 - UNI EN 1993-3-2:2007 Parte 3-2: Torri, pali e ciminiere - Ciminiere
 - UNI EN 1993-4-1:2017 Parte 4-1: Silos
 - UNI EN 1993-4-2:2017 Parte 4-2: Serbatoi
 - UNI EN 1993-5:2007 Parte 5: Pali e palancole
 - UNI EN 1993-6:2007 Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento
- [23] Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
- UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
 - UNI EN 1994-1-2:2014 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [24] Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno
- UNI EN 1995-1-1:2014 Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici
 - UNI EN 1995-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1995-2:2005 Parte 2: Ponti
- [25] Eurocodice 6 – Progettazione delle strutture in muratura
- UNI EN 1996-1-1:2022 Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata
 - UNI EN 1996-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1996-2:2006 Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature
 - UNI EN 1996-3:2006 Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata
- [26] Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica
- UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Regole generali
 - UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- [27] Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
 - UNI EN 1998-2:2011 Parte 2: Ponti
 - UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici
 - UNI EN 1998-4:2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte
 - UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
 - UNI EN 1998-6:2005 Parte 6: Torri, pali e camini
- [28] Legge 2 febbraio 1974, n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- [29] D.G.R. 30 Dicembre 2019, n. 6-887: "Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte"
- [30] D.G.R. 26 Novembre 2021, n. 10-4161: "Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico".
- [31] Decreto del Presidente della Repubblica 24 luglio 1996, n. 503 - Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.
- [32] LEGGE 3 MARZO 2009, N. 18: "Ratifica ed esecuzione della Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità, con Protocollo opzionale, fatta a New York il 13 dicembre 2006 e istituzione dell'Osservatorio nazionale sulla condizione delle persone con disabilità".
- [33] UNIFER 8379:2000 "Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia) - Termini e definizioni".

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [34] UNI 7836:2018 "Metropolitane e tranvie - Andamento plano-altimetrico dei binari".
- [35] UNI 7361:2010 "Metropolitane - Scostamenti laterali massimi dei rotabili in moto".
- [36] UNI 7360:2010 "Metropolitane - Sagoma cinematica e sagoma limite del materiale rotabile - Profilo minimo degli ostacoli e distanziamento fra i binari".
- [37] UNI 9406:1989 "Metropolitane. Atrii di stazione. Direttive di progettazione".
- [38] UNI 11168-1:2006 "Accessibilità delle persone ai sistemi di trasporto rapido di massa - Parte 1: Criteri progettuali per le metropolitane".
- [39] UNI 7508:1996 "Metropolitane. Banchine di stazione".
- [40] UNI 7744:1998 "Metropolitane - Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni - Direttive di progettazione".
- [41] UNI 11378:2017 "Metropolitane - Materiale rotabile per metropolitane - Caratteristiche generali e prestazioni".
- [42] UNI 71756: 2020 "Tranvie e tranvie veloci"
- [43] UNI 11174: 2005 "Materiale rotabile per tranvie e tranvie veloci"
- [44] UNI 8207:2003 "Metropolitane - Segnaletica per viaggiatori - Prescrizioni generali".

3.2.3 Principali decreti e sistemi di normativa di primaria rilevanza impiantistica

- [45] Decreto Ministero dell'Interno 21 ottobre 2015 recante "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane".
- [46] Decreto del Ministero dell'Interno 3 agosto 2015 - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139.
- [47] Decreto del Ministero dell'Interno 15 settembre 2005 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.
- [48] Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n. 17 "Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori".

3.2.3.1 Compartimentazioni al fuoco per impianti e giunti lineari

- [49] D.M. 03.08.2015 "Codice di Prevenzione Incendi";
- [50] D.M. 16.02.2007 Sezione A.4.5 (Classificazione resistenza al fuoco) / Allegato B.8;
- [51] EN13501-2 "Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione";
- [52] EN1366-3 "Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi";
- [53] EN1366-4 "Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi".

3.2.3.2 Normative di riferimento progettazione antincendio

- [54] DECRETO 21/10/2015 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [55] DECRETO 3 agosto 2015 Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139.
- [56] DECRETO del Ministero dell'interno del 20/12/2012 "Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro gli incendi installate nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi".
- [57] D.P.R. n°151 del 01/08/2011 Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.
- [58] Decreto 7 agosto 2012 Ministero dell'Interno. Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi e alla documentazione da allegare, ai sensi dell'articolo 2, comma 7, del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151.
- [59] D.M. 30/11/1983 Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi
- [60] Decreto 7 gennaio 2005 Ministero dell'Interno. Norme tecniche e procedurali per la classificazione ed omologazione di estintori portatili di incendio.
- [61] Decreto 1 settembre 2021 Ministero dell'Interno "Criteri generali per il controllo e la manutenzione degli impianti, attrezzature ed altri sistemi di sicurezza antincendio, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punto 3, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81".
- [62] Decreto 2 settembre 2021 Ministero dell'Interno "Criteri per la gestione dei luoghi di lavoro in esercizio ed in emergenza e caratteristiche dello specifico servizio di prevenzione e protezione antincendio, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punto 4 e lettera b) del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81".
- [63] Decreto 3 settembre 2021 Ministero dell'Interno "Criteri generali di progettazione, realizzazione ed esercizio della sicurezza antincendio per luoghi di lavoro, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punti 1 e 2, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81".

3.2.3.3 Rivelazione incendi

- [64] UNI EN 54: 2007/2011 - Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio.
- [65] UNI 9795: 2013 Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Progettazione, installazione ed esercizio.

3.2.3.4 Estinzione incendi

- [66] Decreto 18/10/2019: Modifiche all'allegato 1 al decreto del Ministero dell'Interno 3 Agosto 2015 recante "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'art. 15 del D.Lgs. 8/3/2006 n. 139";
- [67] Decreto 15/05/2020: "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, per le attività di autorimesse";

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [68] Decreto Ministeriale 12 Aprile 2019: Modifiche al decreto 3 agosto recante "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'art. 15 del D.Lgs. 8/3/2006 n. 139";
- [69] Legge, 1 marzo 1968, nr. 186;
- [70] D.M.I. 20/12/12 "Impianti di protezione attiva antincendi";
- [71] Decreto legislativo 9 aprile 2008 n.81 recante: "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3/08/2007 n.123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- [72] D.P.R. 01/08/2011 n.151 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'art. 49, comma 4-quater, del decreto-legge 317572010 n.78 convertito, con modificazioni, dalla legge 30/7/2010 n.122;
- [73] Decreto 07/08/2012 recante: "Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi e della documentazione da allegare, ai sensi dell'art. 2, comma 7 del DPR 151/11";
- [74] DM. 22 Gennaio 2008 n. 37
- [75] UNI 10779:2014 Impianti di estinzione incendi - Reti di idranti - Progettazione, installazione ed esercizio.
- [76] UNI 11292:2019 Locali destinati ad ospitare gruppi di pompaggio per impianti antincendio - Caratteristiche costruttive e funzionali.
- [77] UNI EN12845:2015 Installazioni fisse antincendio - Sistemi automatici a sprinkler Progettazione, installazione e manutenzione.
- [78] UNI EN 9490: 1989 Apparecchiature per estinzione incendi. Alimentazioni idriche per impianti automatici antincendio (Norma abrogata, valida solo come riferimento nel caso di attività di progettazione legate al contesto di stazioni precedentemente progettate con questa norma).
- [79] UNI 9489: 1989 Apparecchiature per estinzione incendi. Impianti fissi di estinzione automatici a pioggia (sprinkler). (Norma abrogata, valida solo come riferimento nel caso di attività di progettazione legate al contesto di stazioni precedentemente progettate con questa norma).
- [80] UNI 14384-2006 Idranti antincendio a colonna soprasuolo.
- [81] UNI EN 14339-2006 Idranti antincendio sottosuolo
- [82] UNI EN 14972-1:2021 Installazioni fisse antincendio - Sistemi ad acqua nebulizzata - Parte 1: Progettazione, installazione, controllo e manutenzione.
- [83] UNI EN 13565-1:2019 Sistemi fissi di lotta contro l'incendio - Sistemi a schiuma - Parte 1: Requisiti e metodi di prova per i componenti.
- [84] UNI EN 13565-2:2018 Sistemi fissi di lotta contro l'incendio - Sistemi a schiuma - Parte 2: Progettazione, costruzione e manutenzione.
- [85] UNI EN 1452-2010 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di acqua – Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U).
- [86] UNI EN 804-2007 Apparecchiature per estinzione incendi - Raccordi per tubazioni flessibili.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [87] UNI EN 671- 2-2012 Sistemi fissi di estinzione incendi - Sistemi equipaggiati con tubazioni - Idranti a muro con tubazioni flessibili.
- [88] UNI EN 694 -2014 Tubazioni semirigide per sistemi fissi antincendio.
- [89] UNI EN 10224-2006 Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di acqua e di altri liquidi acquosi – Condizioni tecniche di fornitura.
- [90] NI EN 10225-2019 Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura – Condizioni tecniche di fornitura
- [91] UNI EN 12201-2013 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua – Polietilene (PE)
- [92] UNI EN 14540-2014 Tubazioni antincendio – Tubazioni appiattibili impermeabili per impianti fissi.
- [93] EN 2-2005 Classificazione dei fuochi
- [94] UNI EN 3-7 2008 Estintori d'incendio portatili - Parte 7: Caratteristiche, requisiti di prestazione e metodi di prova
- [95] UNI EN 1866-1: Estintori carrellati d'incendio - Caratteristiche, requisiti di prestazione e metodi di prova
- [96] UNI EN 9994-2013 Apparecchiature per estinzione incendi - Estintori di incendio - Parte 1: Controllo iniziale e manutenzione

3.2.3.5 NFPA - Principali norme di riferimento

- [97] NFPA 13:2013 Standard for the Installation of Sprinkler Systems.
- [98] NFPA 14:2013 Standard for the Installation of Standpipes and Hose Systems.
- [99] NFPA 15:2012 Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.
- [100] NFPA 20:2013 Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- [101] NFPA 22:2013 Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
- [102] NFPA 25:2014 Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems.
- [103] NFPA 72:2016 National Fire Alarm and Signaling Code.
- [104] NFPA 90A: 2018 Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems.
- [105] NFPA 92:2018 Standard for Smoke Control Systems.
- [106] NFPA 101: 2018 Life Safety Code.
- [107] NFPA 130:2017 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems.
- [108] NFPA 204: 2018 Standard for Smoke and Heat Venting.
- [109] NFPA 750:2015 Standard on Water Mist Fire Protection Systems.

3.2.3.6 Normative di riferimento progettazione Impianti ventilazione, termici e climatizzazione

- [110] Legge n. 10/91 "Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".
- [111] D.Lgs. n. 192/05 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [112] D.Lgs. n. 311/06 "Disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia".
- [113] Decreto Del Presidente Della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- [114] DECRETO LEGISLATIVO 3/03/2011, n. 28 Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- [115] Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.
- [116] DGR n. 46-11968 4/08/2009 Regione Piemonte e s.m.i. - Aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria [...]
- [117] D.M. 1° dicembre 1975 - D.lgs. n. 26/16 - D.M.01/12/04 n°329 Attrezzature in pressione
- [118] Linee Guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, Ministero della Salute e disposizioni Regione Piemonte in materia (in riferimento anche agli impianti Idrico Sanitari).
- [119] Regione Piemonte n.109 del 04.03.2008 Raccomandazioni per la sorveglianza, la prevenzione e il controllo delle polmoniti da Legionella - Campo di applicazione: strutture sanitarie pubbliche e private.
- [120] UNI 10339:1995 - Impianti aeraulici a fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- [121] UNI 10349: 2016 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
- [122] UNI 10375:2011 - Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti.
- [123] UNI EN ISO 7730: 2006 - Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.
- [124] UNI/TS 11300-1/6: 2014-2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
- [125] UNI EN 12237:2004 - Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica.
- [126] UNI EN 1507:2008 - Ventilazione degli edifici - Condotte rettangolari di lamiera metallica - Requisiti di resistenza e di tenuta.
- [127] UNI EN 16798-1:2019 - Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [128] UNI CEN/TR 16798-2:2020 Prestazioni energetiche degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 2: Interpretazione dei requisiti della norma EN 16798-1 - Parametri di input ambientale interno per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica (Modulo M1-6).
- [129] UNI EN 16798-3:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4).
- [130] UNI CEN/TR 16798-4:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 4: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-3 - per gli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4).
- [131] UNI EN 16798-5-1:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 5-1: Metodi di calcolo per i requisiti energetici dei sistemi di ventilazione (Moduli M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) - Metodo 1: Distribuzione e generazione.
- [132] UNI CEN/TR 16798-6:2018 - Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 6: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-5-1 e nella EN 16798-5-2 - Metodi di calcolo per i requisiti energetici dei sistemi di ventilazione e condizionamento dell'aria (Moduli M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8).
- [133] UNI EN 16798-7:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 7: Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici compresa l'infiltrazione (Moduli M5-5).
- [134] UNI CEN/TR 16798-8:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 8: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-7 - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici incluse le infiltrazioni (Modulo M5-5).
- [135] UNI EN 16798-9:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 9: Metodi di calcolo per il fabbisogno energetico dei sistemi di raffreddamento (Moduli M4-1, M4-4, M4-9) – Generalità.
- [136] UNI CEN/TR 16798-10:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 10: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-9 - Metodi di calcolo per i requisiti energetici dei sistemi di raffrescamento (Moduli M4-1, M4-4, M4-9) – Generalità.
- [137] UNI EN 16798-17:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 17: Linee guida per l'ispezione degli impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria (Modulo M4-11, M5-11, M6-11, M7-11).
- [138] UNI EN 12831-1:2018 Prestazione energetica degli edifici - Metodo per il calcolo del carico termico di progetto - Parte 1: Carico termico per il riscaldamento degli ambienti, Modulo M3-3.
- [139] UNI EN ISO 52017-1:2018 Prestazione energetica degli edifici - Carichi termici sensibili e latenti e temperature interne - Parte 1: Procedure generali di calcolo.
- [140] UNI EN ISO 52016-1:2018 - Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1: Procedure di calcolo.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [141] UNI EN ISO 13788:2013 - Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo.
- [142] UNI EN ISO 14683:2018 - Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.
- [143] UNI EN ISO 6946:2018 - Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo.
- [144] UNI EN ISO 10211:2018 - Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati.
- [145] UNI EN ISO 16890-1:2017 Filtri d'aria per ventilazione generale - Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM).
- [146] UNI EN 1861:2000 - Impianti di refrigerazione e pompe di calore - Diagrammi di flusso del sistema e diagrammi delle tubazioni e della strumentazione - Disposizione e simboli.
- [147] UNI EN 12102-2:2019 - Condizionatori d'aria, refrigeratori di liquido, pompe di calore, raffreddatori di processo e deumidificatori con compressori azionati elettricamente - Determinazione del livello di potenza sonora - Parte 2: Scaldacqua a pompa di calore.
- [148] UNI EN 14511 1-4:2018 Condizionatori, refrigeratori di liquido e pompe di calore con compressore elettrico per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti e refrigeratori per cicli di processo con compressore elettrico.
- [149] UNI EN 16147:2017 Pompe di calore con compressore elettrico - Prove, valutazione delle prestazioni e requisiti per la marcatura delle apparecchiature per acqua calda sanitaria.
- [150] UNI EN 12309-1:2015 - Apparecchi per il riscaldamento e/o raffrescamento ad assorbimento e adsorbimento, funzionanti a gas, con portata termica nominale non maggiore di 70 kW - Parte 1: Termini e definizioni.
- [151] UNI EN 12309-2:2015 - Apparecchi per il riscaldamento e/o raffrescamento ad assorbimento e adsorbimento, funzionanti a gas, con portata termica nominale non maggiore di 70 kW - Parte 2: Sicurezza.
- [152] UNI EN 12599:2012 - Ventilazione per edifici - Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti di ventilazione e di condizionamento dell'aria.
- [153] UNI EN 378-1:2021 - Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali - Parte 1: Requisiti di base, definizioni, criteri di classificazione e selezione.
- 3.3.4 Ambiente e atmosfera (da applicare per la parte di sola competenza impiantistica)
- [154] LEGGI E DECRETI (principali riferimenti)
- [155] Decisione 2004/470/CE del 29/04/2004 e s.m.i. (2004/470/CE R01) - Decisione della Commissione sugli orientamenti per un metodo di riferimento provvisorio per il campionamento e la misurazione delle PM_{2,5}

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [156] Direttiva 2008/50/CE e s.m.i.- Qualità aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa;
- [157] D.P.R. 203/88 e s.m.i. - Attuazione Direttive n. 80/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della Legge 16/4/87 n. 183.
- [158] D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230 e s.m.i. – Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti;
- [159] D.M. 25 agosto 2000 - Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203;
- [160] L. 23 Marzo 2001, n. 93 e s.m.i. – Disposizioni in campo ambientale;
- [161] D.Lgs. 21/5/2004 n. 171 - Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici;
- [162] D.Lgs. 9 Aprile 2008, n. 81 – Attuazione dell'art. 1 della L. 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- [163] D.Lgs. 26 Giugno 2008, n. 120 – Modifiche ed integrazioni al D.Lgs. 3 Agosto 2007, n. 152 – Attuazione della Dir. 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli IPA nell'aria ambiente;
- [164] D.Lgs. 29 Giugno 2010, n. 128 – Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;
- [165] D.Lgs. 13 Agosto 2010, n. 155 e s.m.i. – Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- [166] Legge 12 Agosto 2016, n. 170 - Delega al Governo per il recepimento delle direttive europee e l'attuazione di altri atti dell'Unione europea - Legge di delegazione europea 2015.
- [167] L.R. 7/4/2000 n. 43 - Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria;
- [168] D.G.R. n. 27-614 del 31/07/2000 - Raccomandazioni per la popolazione esposta ad episodi acuti di inquinamento da Ozono;
- [169] L.R. 18 Febbraio 2010, n.5 – Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti;
- [170] D.G.R. 27 luglio 2011, n. 70-2479 Attuazione della Legge Regionale 7 aprile 2000 n. 43. Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Aggiornamento dello Stralcio di Piano 5.1 del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria;
- [171] D.G.R. 30 maggio 2016, n. 29-3386 - Attuazione della legge regionale 7 aprile 2000 n. 43. Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Armonizzazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria con gli aggiornamenti del quadro normativo comunitario e nazionale.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [172] D.G.R. 5 giugno 2017, n. 13-5132 - Decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155 e legge regionale 7 aprile 2000, n. 43. Adozione della Proposta di Piano Regionale di Qualità dell'Aria e approvazione del Rapporto Ambientale ai sensi dell'articolo 13 del decreto legislativo 152/2016.
- [173] D.G.R. n. 42-5805 del 20 ottobre 2017.
- [174] D.G.R. 9 agosto 2019, n. 8-199.
- [175] Direttive e notifiche ASL TO nel contesto specifico.
- [176] Direttive e notifiche ARPA nel contesto specifico.

3.2.3.7 Acustica (da applicare per la parte di sola competenza impiantistica)

- [177] DPCM 1/3/1991 - Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
- [178] L. 26/10/1995, n. 447 - Legge quadro sull'inquinamento acustico
- [179] DM 11/12/1996: Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo ubicati nelle zone diverse da quelle esclusivamente industriali o le cui attività producono i propri effetti in zone diverse da quelle esclusivamente industriali (G.U. n. 52 del 4/3/97).
- [180] DPCM 14/11/1997 - Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
- [181] DM 16/3/1998 - Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico
- [182] DPR 18/11/1998, n. 459 - Regolamento recante norme di esecuzione dell'Art. 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario
- [183] L. 09/12/98 n. 426 – Nuovi interventi in campo ambientale
- [184] DM 29/11/2000 - Criteri per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore
- [185] L. 31/7/02, n. 179 – Disposizioni in materia ambientale
- [186] D.Lgs. 4/9/2002, n. 262: Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto. (GU n. 273 del 21-11-2002- Suppl. Ordinario n.214)
- [187] Decreto 24/7/2006 – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare – Modifiche dell'allegato I - Parte b, del D.Lgs. 4/9/2002, n. 262, relativo all'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate al funzionamento all'esterno. (GU n. 182 del 7/8/2006)
- [188] DPR 30/3/2004, n. 142 - Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447
- [189] Circolare 6/9/2004: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali. (GU n. 217 del 15-9-2004)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [190] D.Lgs. 19/8/2005, n. 194 – Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale. (GU n. 222 del 23-9-2005)
- [191] D.Lgs. 9/4/08, n. 81 – Attuazione dell'art. 1 della L. 3/8/07, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- [192] D.Lgs. 27/1/10, n. 17 – Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori
- [193] D.Lgs. 17/2/2017, n. 42 - Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161.
- [194] Legge Regionale 20/10/2000, n.52
- [195] D.G.R. 27 giugno 2012 n. 24-4049: Disposizioni per il rilascio da parte delle Amministrazioni comunali delle autorizzazioni in deroga ai valori limite per le attività temporanee, ai sensi dell'articolo 3, comma 3, lettera b) della l.r. 25 ottobre 2000, n. 52.
- [196] D.G.R. 2/2/2004, n. 9-11616 (BURP n. 5 del 5/2/2004, SO n.2): L.R. n. 52/2000, art. 3, comma 3, lettera c). Criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico.
- [197] UNI 8199:2016 Acustica in edilizia - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti.
- [198] UNI EN ISO 3746:2011 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente.

3.2.3.8 Impianti Idrico-sanitari

- [199] D.M. n. 443/90 per il trattamento delle acque destinate ai consumi civili.
- [200] D.Lgs. N° 152 del 11/05/99 e successive modifiche ed integrazioni, contenenti norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.
- [201] UNI 9182: 2014 Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione.
- [202] Norma UNI EN 12056-1/5 2001 Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici.
- [203] UNI EN ISO 9906: 2012 Pompe rotodinamiche - Prove di prestazioni idrauliche e criteri di accettazione - Livelli 1, 2 e 3 (ex Metodi di prova e condizioni di accettazione pompe secondo norma UNI-ISO 2548-C);
- [204] UNI EN 806 1-3: 2008 - Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano - Parte 1-3.
- [205] UNI EN 752:2017 - Conessioni di scarico e collettori di fognatura all'esterno degli edifici - Gestione del sistema di fognatura.
- [206] UNI EN 1333:2007 Flange e loro giunzioni - Componenti di reti di tubazioni - Definizione e selezione del PN.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

3.2.3.9 Ventilazione Antincendio

- [207] UNI EN 12101-1/8:2015: Sistemi per il controllo di fumo e calore.
- [208] UNI EN 13501-4:2016: Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione
- [209] UNI UNIFER 8686-1/7:1985 Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni.
- [210] UNI 9494-1: 2017 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 1: Progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Naturale di Fumo e Calore (SEFC).
- [211] UNI 9494-2: 2017 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 2: Progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Forzata di Fumo e Calore (SEFFC).
- [212] UNI 9494-3: 2014 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 3: Controllo iniziale e manutenzione dei sistemi di evacuazione di fumo e calore
- [213] UNI 1366-1: 2020 Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 1: Condotte di ventilazione
- [214] UNI EN 1366-8:2005 Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 8: Condotte di estrazione fumo.
- [215] UNI EN 1366-9:2008 Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 9: Condotte di estrazione del fumo per singolo comparto.
- [216] UNI EN ISO 1461:2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova.
- [217] UNI EN ISO 12944 1-8:2018 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 1-8 (riferibile anche agli altri contesti impiantistici inerenti la protezione dalla corrosione).
- [218] UNI EN 15423:2008 - Ventilazione degli edifici - Misure antincendio per i sistemi di distribuzione dell'aria negli edifici.
- [219] ASHRAE codes
- [220] SEDH: Subway Environmental Design Handbook, Volume I, Principles and Applications

3.2.3.10 Vibrazioni (da applicare per la parte di sola competenza impiantistica)

- [221] ANSI S3.29 - "Guide to the evaluation of human exposure to vibration in buildings" (American National Standard) – Acoustical Society of America, New York – 1983;
- [222] BS 6472 - "Evaluation of human exposure to vibration in buildings (1 to 80 Hz)" - British Standards Institution – 1984;
- [223] DIN 4150 - "Structural Vibration I Buildings" – 1986;
- [224] ISO 2631/1 Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte I: Specifiche generali;
- [225] ISO 2631/2 Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz);
- [226] UNI 9670 Risposta degli individui alle vibrazioni – Apparecchiatura di misura;
- [227] UNI 9614 Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo; Norma internazionale ISO 4866 (prima edizione 1990) Vibrazioni meccaniche ed impulsi -

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici.

- [228] UNI 9916 (edizione 1991) Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.
- [229] UNI ISO 10816-3:2018 - Vibrazioni meccaniche - Valutazione delle vibrazioni delle macchine mediante misurazioni sulle parti non rotanti - Parte 3: Macchine industriali con potenza nominale maggiore di 15 kW e velocità di rotazione nominale compresa tra 120 giri/min e 15 000 giri/min, quando misurate in opera.

3.2.3.11 Impianti elettrici

- [230] Legge 1/03/1968 - N° 168, pubblicata sulla G.U. N° 77 del 23 Marzo 1968:
- "Art. 1 - Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte";
 - "Art. 2 - I materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d'arte".
- [231] Legge n.46 del 5/3/90 "Norme per la sicurezza degli impianti" (articoli non abrogati dal D.M. n°37 del 2008).
- [232] Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici".
- [233] D.M. 11 giugno 1992 - Approvazione dei modelli dei certificati di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali delle imprese e del responsabile tecnico ai fini della sicurezza degli impianti.
- [234] D.P.R. n°462 del 22/10/2001 - Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi.

3.2.3.12 Prescrizioni della Società erogatrice dell'energia elettrica competente per la zona.

- [235] Le leggi, circolari e prescrizioni del Ministero dell'Interno, del Ministero delle Poste e Telecomunicazioni e di Enti locali come il Comando dei Vigili del Fuoco.
- [236] Le prescrizioni delle Autorità comunali e/o regionali.
- [237] Le norme e tabelle UNI e UNEL per i materiali già unificati, le apparecchiature e gli impianti ed i loro componenti, i criteri di progetto, le modalità di esecuzione e collaudo.
- [238] Le prescrizioni dell'Istituto Italiano per il Marchio di Qualità per i materiali e le apparecchiature ammesse all'ottenimento del Marchio.
- [239] Ogni altra prescrizione, regolamentazione e raccomandazione emanate da qualsiasi Ente preposto ed applicabili agli impianti elettrici ed alle loro parti componenti.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [240] D.Lgs. 106/17 Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE.
- [241] Norma CEI 64-8 sesta edizione 2012 (e successive varianti) "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- [242] Norma CEI 64-8/8-1 Anno 2016 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua Parte 8-1: Efficienza energetica degli impianti elettrici".
- [243] Norma CEI 99-2 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a Parte 1: Prescrizioni comuni".
- [244] Norma CEI 99-3 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.".
- [245] Norma CEI 64-12 Anno 2019 "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario";
- [246] CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) "Protezione contro i fulmini. Principi generali".
- [247] CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) "Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio".
- [248] CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) "Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone".
- [249] CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) "Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture".
- [250] CEI 81-27 "Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensioni all'arrivo della linea di alimentazione degli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione".
- [251] IEC EN 60034-30-1 Rotating electrical machines - Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code).
- [252] CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) - Anno 2016 – "Atmosfere esplosive Parte 10-1: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di gas".
- [253] CEI 64-2 - Anno 2001 - "Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione - Prescrizioni specifiche per la presenza di polveri infiammabili e sostanze esplosive".
- [254] CEI 31-35; Ab - Anno 2018 – "Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)".
- [255] CEI 31-35; A, Ab - Anno 2018 – "Atmosfere esplosive Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)": esempi di applicazione".
- [256] UNI EN 12464/2 – Anno 2014 - "Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno".
- [257] UNI EN 12464/1- Anno 2011 - "Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni".
- [258] UNI UNIFER 8097 - Anno 2004 - "Metropolitane - Illuminazione delle metropolitane in sotterranea ed in superficie".

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [259] UNI EN 1838 - Anno 2013 – "Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza".
- [260] UNI EN 15232 Anno 2017 – "Prestazione energetica degli edifici - Parte 1: Impatto dell'automazione, del controllo e della gestione tecnica degli edifici", attuazione della direttiva 2010/31/UE (testo consolidato nel 2018).
- [261] UNI 8686-7 - Anno 1987 – "Metropolitane. Locali di servizio nelle stazioni. Locali di servizio per il pubblico.
- [262] EN 50575 (CPR UE305/11) "Power, control and communication cables - Cables for general applications in construction works subject to reaction to fire requirements.
- [263] UNI 11248:2016 - Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche.
- [264] Norme CEI cavi applicabili".
- [265] CEI EN 61058-1 2004-06: Interruttori per apparecchi Parte 1 Prescrizioni generali

3.2.3.13 Campi Elettromagnetici

- [266] Direttiva 2004/40/CE. "Sulla protezione dei lavoratori dalle esposizioni ai CEM (campi elettromagnetici)".
- [267] Direttiva 2008/46/CE. Modifica la direttiva 2000/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici).
- [268] Legge Quadro 36/01 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

3.2.3.14 Impianti speciali

- [269] Direttiva 1999/05/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio "On radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity"
- [270] Circolare n. GM/123709/4517DL/CR del Ministero delle Comunicazioni "Istruzioni in ordine alla direttiva 1999/05/CE riguardante le apparecchiature radio e le apparecchiature terminali di telecomunicazioni e il reciproco riconoscimento della loro conformità"
- [271] DM 381/1998 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana"
- [272] Legge quadro 36/2001 sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
- [273] DPCM 08/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100kHz e 300GHz"
- [274] Legge della Regione Piemonte 19/2004 "Nuova disciplina regionale sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [275] Legge n.186 del 1/3/1968 "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici"
- [276] Le leggi, circolari e prescrizioni del Ministero dell'Interno, del Ministero delle Poste e Telecomunicazioni e di Enti locali come il Comando dei Vigili del Fuoco.
- [277] Le prescrizioni delle Autorità comunali e/o regionali.
- [278] Le norme e tabelle UNI e UNEL per i materiali già unificati, le apparecchiature e gli impianti ed i loro componenti, i criteri di progetto, le modalità di esecuzione e collaudo.
- [279] Le prescrizioni dell'Istituto Italiano per il Marchio di Qualità per i materiali e le apparecchiature ammesse all'ottenimento del Marchio.
- [280] Ogni altra prescrizione, regolamentazione e raccomandazione emanate da qualsiasi Ente preposto ed applicabili agli impianti elettrici ed alle loro parti componenti.
- [281] D.Lgs. 106/17 Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE.
- [282] Legge n° 447 del 26/10/95 "Legge quadro sull' inquinamento acustico"
- [283] CEI 11-27/1 "Sicurezza nei lavori di impiantistica elettrica e di manutenzione"
- [284] CEI 111 "Esposizione umana ai campi elettromagnetici ad alta frequenza"
- [285] CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10kHz – 300GHz, con riferimento all'esposizione umana"
- [286] Norma CEI 64-8 sesta edizione 2012 (e successive varianti) "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- [287] CEI EN 50173 "Tecnologia dell'informazione – Sistemi di cablaggio strutturato"
- [288] CEI EN 55022 "Apparecchi per la tecnologia dell'informazione – Caratteristiche di radiodisturbo – Limiti e metodi di misura" e variante /A1:2016
- [289] CEI EN 60950 "Apparecchiature per la tecnologia dell'informazione – Sicurezza"
- [290] CEI EN 50121 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Compatibilità elettromagnetica"
- [291] Standard ETSI/CENELEC sulla compatibilità elettromagnetica
- [292] Standard CENELEC sulla sicurezza delle apparecchiature per la tecnologia dell'informazione
- [293] UNI ISO 7240-19 "Sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Parte 19: Progettazione, installazione, messa in servizio, manutenzione ed esercizio dei sistemi di allarme vocale per scopi d'emergenza"
- [294] UNI CEN/TS 54-32 "Sistemi di rivelazione e di segnalazione di incendio - Parte 32: Pianificazione, progettazione, installazione, messa in servizio, esercizio e manutenzione dei sistemi di allarme vocale"
- [295] CEI EN 50849:2019-02 "Sistemi di allarme sonoro per applicazioni di emergenza".
- [296] UNI EN 54-4 "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio - Parte 4: Apparecchiatura di alimentazione"
- [297] UNI EN 54-16 "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio - Parte 16: Apparecchiatura di controllo e segnalazione per i sistemi di allarme vocale"

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

[298] UNI EN 54-24 "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio - Parte 24: Componenti di sistemi di allarme vocale – Altoparlanti"

3.2.3.15 Impianti di sollevamento - ascensori

[299] D.M. 10/01/2017, n° 23 recante Regolamento concernente modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 30 aprile 1999, n. 162, per l'attuazione della direttiva 2014/33/UE relativa agli ascensori ed ai componenti di sicurezza degli ascensori nonché per l'esercizio degli ascensori.

[300] D.M: 9/03/2015 - Disposizioni relative all'esercizio degli ascensori in servizio pubblico destinati al trasporto di persone.

[301] DPR n° 8 del 19/01/2015 "Norme relative all'esercizio degli ascensori in servizio pubblico destinati al trasporto persone".

[302] DPR 24/07/1996 n° 503 "Regolamento recante le norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici" (e, conseguentemente, alla norma tecnica EN 81.70).

[303] D.M. n° 236 del 14/06/1989, "Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata ed agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche".

[304] D.P.R. n° 268 del 28/03/1994, "Regolamento recante attuazione della direttiva n. 90/486 CEE".

[305] D.M. 27/01/2010, n° 17 Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.

[306] D.P.R. n° 162 del 30/04/1999 (Direttiva ascensori 95/16 CE oggi sostituita con 2014/33UE), modificato ed integrato dal D.P.R. 7/05/2002 n° 129 e D.P.R. n° 214 del 5/10/2010.

[307] D.M. 15/09/2005 Norme sugli ascensori nelle attività soggette ai controlli V.V.F.

[308] D.P.R. 753 del 11/07/1980 Nuove norme in materia di Polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto.

[309] UNI EN 81-70:2018 "Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori e montacarichi - Parte 70: Accessibilità agli ascensori delle persone, compresi i disabili".

[310] UNI EN 81-71: 2019 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.

[311] UNI EN 81-72:2015 Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione di ascensori - Applicazioni particolari per ascensori per passeggeri e per merci - Parte 72: Ascensori antincendi.

[312] UNI EN 81-73:2016 Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori - Applicazioni particolari per ascensori per persone e per merci - Parte 73: Comportamento degli ascensori in caso di incendio

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- [313] Ascensori elettrici UNI EN 81-20 "Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori – Ascensori per il trasporto di persone e cose".
- [314] Ascensori elettrici UNI EN 81-50 "Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori – Verifiche e prove. Regole di progettazione, calcoli, verifiche e prove dei componenti degli ascensori".
- [315] Norma UNI - UNIFER 7744:1998, "Metropolitane - Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni - Direttive di progettazione".
- [316] Direttiva ascensori 2014/33UE (sicurezza, costruzione, procedure di valutazione della conformità).
- [317] EN 81.28 sistema di allarme remoto applicabile a tutti gli ascensori e montacarichi, in particolare per quelli trattati dalle norme EN 81-20: 2014.
- [318] EN 81.58 Porte tagliafuoco per impianti elevatori
- [319] Direttiva Compatibilità EMC 89/336/CEE.

3.2.3.16 Impianti di sollevamento – scale mobili

- [320] D.M. 22 dicembre 2017 a Modifica del decreto 18 settembre 1975, recante: «Norme tecniche di sicurezza per la costruzione e l'esercizio delle scale mobili in servizio pubblico.». (18A00001) (GU Serie Generale n.4 del 05-01-2018).
- [321] D.M. 18/09/1975, "Norme tecniche di sicurezza per la costruzione e l'esercizio delle scale mobili in servizio pubblico".
- [322] D.L. 27/01/2010, n. 17 Attuazione della direttiva 2006/42/CE.
- [323] D.P.R. 24/7/96 n. 459, "Regolamento per l'attuazione delle Direttive Europee 89/392/CE (rispondenze dei materiali alle norme UNI-CEI od europee equivalenti).
- [324] D.P.R. 753 del 11/07/1980 Nuove norme in materia di Polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto.
- [325] UNI EN 115-1:2017, "Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione di scale mobili e marciapiedi mobili".
- [326] Direttiva relative alle macchine 2006/42/CE
- [327] Norma UNI - UNIFER 7744:1998, "Metropolitane - Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni - Direttive di progettazione"
- [328] Direttiva Compatibilità EMC
- [329] Circolare del Ministero delle Infrastrutture e trasporti DG 19/2005 del 17/11/2005.

4. DESCRIZIONE GENERALE DELL'INFRASTRUTTURA

Al solo fine di contestualizzare l'infrastruttura relativa alla metropolitana si specificano di seguito le principali connotazioni facenti parte dell'opera a titolo descrittivo, specificando che nel singolo dettaglio specifiche parti d'opera potranno avere caratteristiche differenti a seconda dello specifico contesto di applicazione della parte impiantistica di riferimento.

4.1 Caratteristiche generali dell'infrastruttura civile

L'infrastruttura relativa alla metropolitana è caratterizzata dal Deposito-Officina realizzato fuori terra o in via subordinata parzialmente interrato, dalla galleria, dai pozzi di ventilazione e accesso, dai pozzi con solo accesso di emergenza, dai manufatti di bivio, manovra e parcheggio e dalle stazioni da 1 a 4 livelli rispondenti a varie caratteristiche tipologiche e speciali.

La linea è prevista in sotterraneo per la circolazione di convogli su doppia via di corsa.

La galleria si distingue nelle seguenti tipologie fondamentali:

- galleria artificiale in cut&cover con opere di sostegno laterali;
- galleria naturale scavata a foro cieco, con metodo tradizionale o meccanizzato, che interessa l'intero sviluppo delle tratte salvo le eventuali diverse soluzioni eventualmente implementate a seguito delle prescrizioni del Ministero dei Trasporti.

Lungo la linea sono realizzati i manufatti a servizio dell'infrastruttura come pozzi di ventilazione, accessi VV.F. ed uscite di sicurezza, deviatoi.

Queste strutture sotterranee quali stazioni, pozzi, gallerie artificiali o altre strutture (manufatto di bivio, uscite di sicurezza, etc.) caratterizzate da coperture ridotte saranno realizzate secondo la metodologia costruttiva denominata CUT & COVER (C&C) che risulta essere tipica per questo tipo di strutture anche in ambiente urbano.

Tra le opere sotterranee rientrano le gallerie a foro cieco realizzate con metodo tradizionale, con scavo a piena sezione o a sezione parzializzata per la realizzazione delle gallerie di linea e delle stazioni in caverna, per i tronchini di collegamento tra manufatti isolati (i.e. pozzi intertratta aventi funzione di ventilazione e/o uscita di emergenza), nonché le nicchie per l'alloggiamento di dotazioni impiantistiche che sono oggetto della prestazione.

Fanno parte dell'infrastruttura stazioni interrate con atrio fuori terra con copertura metallica vetrata per le quali sarà necessario lo sviluppo della progettazione integrata.

4.1.1 Stazioni

Sono presenti diverse tipologie di stazione, sia di tipo superficiale che profondo. La profondità del piano di rotolamento, e di conseguenza anche delle stazioni, è stata determinata in base alla minima copertura della galleria in rapporto al suo diametro o dimensione (per la scatolare), assumendo un valore di ricoprimento in media pari a circa una volta il diametro della galleria stessa.

Sono assunti valori della lunghezza delle banchine e della larghezza delle stazioni compatibili con le diverse tipologie di materiale rotabile per metropolitane automatiche di caratteristiche adeguate allo svolgimento dell'esercizio sulla linea in oggetto.

Tutte le stazioni sono caratterizzate da un atrio unico (di tipo aperto verso il piano banchina o architettonicamente separato), una o due linee di controllo (stazioni di corrispondenza con altra

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

infrastruttura) e, per le stazioni con atrio interrato, almeno due accessi di collegamento con il livello stradale.

Ogni accesso è dotato di una scala fissa e di una scala mobile (tranne alcuni casi particolari); in almeno uno dei due è stato previsto un ascensore di collegamento dalla superficie al piano atrio.

In tutte le stazioni sono stati previsti uno o due ascensori per singola via per il collegamento atrio/banchina, utilizzabili sia in condizioni di ordinario esercizio sia in condizioni di emergenza (in relazione alla linea in oggetto) tranne ove diversamente specificato.

Su ogni banchina si innestano almeno due possibili percorsi di sfollamento, possibilmente contrapposti rispetto alla lunghezza della banchina stessa e dimensionati secondo quanto prescritto dal D.M. 21/10/2015. In condizioni di normale esercizio, ad ogni percorso è associato un flusso passeggeri specializzato (entrata o uscita).

Le stazioni seguono le seguenti tipologie primarie:

- Stazioni tipologiche a 1 livello interrato e atrio fuori terra (S1L)
- Stazioni speciali di corrispondenza a 2 livelli interrati (tipo A)
- Stazioni tipologiche a 2 livelli interrati (tipo B)
- Stazioni tipologiche a 2 livelli interrati (tipo C)
- Stazioni speciali a 2 livelli interrati e a banchine sovrapposte
- Stazioni tipologiche a 3 livelli interrati (S3L)
- Stazioni tipologiche con gallerie di banchina a 4 livelli interrati (S4G)
- Stazioni speciali a 4 livelli interrati
- Stazioni speciali a 4 livelli interrati di corrispondenza
- Stazioni tipologiche a 4 livelli interrati (S4L)

4.1.2 Pozzi di intertratta

Nel rispetto delle disposizioni del D.M. 21/10/2015 o, in via subordinata del D.M. 11/01/1988 e delle indicazioni contenute nella progettazione di riferimento sono presenti, lungo il tracciato della linea, i pozzi situati nelle intertratte tra le fermate, destinati a svolgere le funzioni di ventilazione, aggettamento, accesso per i Vigili del Fuoco e/o eventuale uscita di emergenza.

I pozzi di intertratta e ventilazione seguono le seguenti tipologie primarie:

- Pozzo di ventilazione
- Pozzo di ventilazione in manufatto
- Pozzi di emergenza

4.1.3 Manufatti di bivio

Nell'ambito delle opere previste nella tratta funzionale "Politecnico-Rebaudengo", è inclusa anche la predisposizione per la futura realizzazione del manufatto di bivio previsto per la diramazione verso il prolungamento nord "San Mauro-Pescarito". Tale predisposizione, così come il futuro manufatto di bivio sono caratterizzati dalla sovrapposizione dei due binari che concorrono tra loro per poi sfioccare entrambi dando origine a quattro diverse vie, che tornano ad essere parallele a coppie per indirizzarsi ognuna nella propria direzione. Il tratto in cui avviene la sovrapposizione dei binari è intercluso tra le stazioni Cimarosa/Tabacchi e Corelli.

4.1.4 Manufatti di fine tratta

I manufatti di fine tratta sono posti in corrispondenza dei capolinea e sono dotati delle necessarie aste di manovra per consentire:

- l'inversione dei treni che, arrivati al capolinea, devono riprendere servizio nel verso opposto;
- il ricovero dei treni, utile per accelerare la ripresa del servizio dopo l'intervallo notturno o dopo le ore di morbida dell'esercizio.

4.1.5 Locali tecnologici di stazione

In generale, il progetto definisce l'ubicazione e il dimensionamento dei locali tecnici di sistema e civili di stazione contenenti gli impianti di sistema e non di sistema.

Per i locali tecnologici non di sistema i requisiti funzionali principali sono i seguenti:

- vano e botola di calaggio;
- vani di ventilazione antincendio con apertura diretta verso l'esterno;
- vani di ventilazione HVAC con apertura diretta verso l'esterno;
- ventilazione naturale ove possibile o, se necessario, forzata e condizionamento;
- vasca antincendio con botola di accesso dall'esterno.

La temperatura ambiente dei singoli locali dovrà tenersi entro i valori di riferimento stabiliti in particolar modo per i locali UPS e Quadri.

L'illuminazione dei locali sarà realizzata in funzione delle esigenze dell'esercizio e della manutenzione, nel rispetto delle norme relative alle condizioni di lavoro e di sicurezza.

In stazione, i principali locali non di sistema sono:

- locali ventilazione antincendio (due o quattro locali a seconda della tipologia di stazione);
- locale Quadri/SCADA;
- locale QNB (Quadro no-break);

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- locali UPS e batterie (uno o due locali ridondati);
- locali HVAC (uno, due o quattro locali a seconda della tipologia di stazione);
- locale centrale idrica antincendio;
- locali sottocentrale idrica antincendio di sottobanchina (un locale per singola via);
- locale Water Mist;
- locale Quadri di banchina (un locale per singola via);
- locale tecnico banchina (accesso cavedio, due per singola via);
- locale impianto fotovoltaico (ove previsto).

Per i locali tecnologici di sistema i principali requisiti sono i seguenti:

- altezza netta non inferiore a 4 metri;
- vano e botola di calaggio;
- pavimento flottante;
- binari di scorrimento trasformatori a filo pavimento flottante e con adeguata struttura di supporto (ove necessario);
- ventilazione naturale ove possibile o, se necessario, forzata e condizionamento;
- impianto e/o ventilazione antincendio (ove richiesto)
- dispositivi tagliafiamma in conformità con le norme.

La temperatura ambiente ed il tasso di umidità in ogni locale non dovranno in nessun caso superare i valori di riferimento specificati.

L'illuminazione dei locali sarà realizzata in funzione delle esigenze dell'esercizio e della manutenzione, nel rispetto delle norme relative alle condizioni di lavoro e di sicurezza.

In stazione, i locali di sistema sono principalmente:

- locale telecomunicazioni;
- locale telecomando;
- locale segnalamento;
- locale PET (inclusivo delle funzioni di segnalamento, controllo, telecomunicazione);
- locale sottostazione elettrica (SSE o PR);
- locale adduzione da società elettrica (o PL);
- locale cabina di bassa tensione (o PEF, inclusivo del QGBT);
- locale UPS e batterie;
- locale cabine di trasformazione MT/BT (o PEF);
- locale sezionatori (o PS);

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- locali cortocircuitatore (uno per via di corsa);
- locale bigliettazione;
- area o locale quadri porte di banchina.

Sono inoltre presenti in stazione:

- locale bigliettazione/Gestore emettitrici;
- locale V.V.F.;
- locale sorvegliante (ove presente);
- locale spogliatoi/pulizie (ove presente);
- locale WC (ad uso del personale);
- locali a disposizione.

Nei locali tecnici di stazione sono previsti i seguenti apparati terminali:

- telecamere per la videosorveglianza delle stazioni, orientate sulle porte di banchina, sulle scale mobili, sulle emettitrici, sugli ascensori, sulla linea di controllo e sull'imbocco gallerie;
- altoparlanti (diffusori), ubicati nelle aree di stazione aperte al pubblico, nel sottobanchina e nei corridoi dei locali tecnici;
- interfonni per il collegamento fra le stazioni e il PCC (Posto Centrale di Controllo) su iniziativa dei viaggiatori, installati su ciascuna banchina (nel punto di chiamata di emergenza), nella zona di vendita biglietti, negli ascensori e negli accessi;
- telefoni raccordati al centralino del sistema e situati in ogni armadio di banchina, nella libreria tecnica in prossimità della postazione di chiamata locale e nei seguenti locali tecnici:
 - o locale PET (inclusivo delle funzioni di segnalamento, controllo, telecomunicazione);
 - o locale cabine di trasformazione MT/BT;
 - o locale sottostazione elettrica (SSE o PR);
 - o locale di sezionamento (o PS);
 - o locale adduzione da società elettrica (o PL);
 - o sono previste altre prese telefoniche nell'armadio a disposizione dei vigili del fuoco, nei vani macchine degli ascensori e nei vani macchine delle scale mobili;
- sistema di videoinformazione al pubblico, installato in ogni banchina e controllato dal Posto Centrale di Controllo, complementare al sistema di annunci sonori. I messaggi memorizzati a livello di apparecchiatura di stazione saranno dei seguenti tipi:
 - o destinazione;
 - o veicolo in servizio;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- veicolo fuori servizio;
- informazioni di ordine generale;
- i terminali Rete Radio o Sistemi Wireless, con la funzione di mettere in comunicazione il personale itinerante di servizio a bordo, a terra o presso le sale di controllo e per costituire un mezzo di comunicazione segnali/comandi e dati per tutti i sistemi.

4.2 Caratteristiche generali dell'infrastruttura di sistema

Di seguito si descrivono le caratteristiche tecniche dei seguenti principali sottosistemi che costituiscono gli impianti di sistema:

4.2.1 Sistema di segnalamento

Si intende per "Segnalamento" una categoria di attività tipiche dei sistemi di trasporto guidato su binari o su sistemi più avanzati.

Le funzioni assicurate dal sistema automatico possono essere raggruppate in:

- ACS (Apparato Centrale Statico).
- ATC (Controllo Automatico Treni).
- ATO (Funzionamento Automatico Treni).
- ATS (Supervisione Automatica dei Treni).

Il controllo automatico dei treni

Questo sottosistema raggruppa il complesso delle funzioni di sicurezza; utilizza dei dispositivi di rilevamento dei treni e di mantenimento del loro distanziamento e di bloccaggio di itinerario, in modo da evitare le collisioni dovute a movimenti conflittuali su una via semplice o su vie convergenti, assicura il rispetto delle limitazioni di velocità e la sicurezza dei passeggeri in caso di manovra impropria delle porte.

Descrizione dell'automatismo integrale

Si tratta del funzionamento in automatismo integrale. Molto schematicamente raggruppa le seguenti funzioni:

Funzioni di protezione automatica dei treni (ATP)

Le funzioni ATP prevedono quanto segue:

- calcolo e monitoraggio della velocità e della direzione di marcia;
- rilevamento dell'inversione di movimento non autorizzata (arretramento);
- rilevamento posizione treno;
- protezione integrità treno;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

determinazione del limite di autorizzazione al movimento;
autorizzazione alla marcia e autorizzazione della forza di trazione;
attivazione della Frenata d'Emergenza (EB) e attuazione del fermo treno;
abilitazione dell'apertura porte treno in ogni stazione;
gestione delle procedure per l'evacuazione.

Funzioni di guida automatica dei treni (ATO)

Le funzioni di guida automatica includono:

regolazione di velocità;
controllo del tempo di sosta in stazione;
manovre automatiche ai capilinea.

Funzioni di supervisione automatica dei treni (ATS)

Il sottosistema di supervisione dei treni permette al personale d'esercizio di conoscere in qualsiasi momento lo stato del sistema. L'ATS assicura la regolazione di marcia del complesso del sistema, anche in presenza delle perturbazioni dovute al pubblico o a guasti intervenuti sul sistema.

4.2.2 Descrizione degli automatismi fissi

Suddivisione della linea – Apparati Automatici (PA) di terra

La linea è suddivisa in opportune regioni di blocco, a loro volta suddivise in sezioni. Ogni tratta di blocco è gestita da un Apparato Automatico di terra ridondato.

Apparecchiature lungo la via di corsa

Lungo il percorso sono distribuiti opportuni sistemi di trasmissione/ricezione, i quali, attraverso un complesso sistema elettronico, regolano opportunamente i programmi definiti per il movimento. Un sistema molto preciso e ridondato di rilevazione del passaggio dei treni ai limiti di ogni tratta di blocco è disponibile per ogni sistema oggi in commercio.

Apparecchiature in stazione

In stazione nei locali tecnici Correnti Deboli, sono presenti un locale dedicato, che contiene gli automatismi di terra nonché le apparecchiature di trasmissione e di alimentazione. Gli equipaggiamenti più importanti sono:

i piloti automatici (PA), ridondati in 2 apparecchiature identiche;
gli armadi apparecchi di via;
il terminale, a livello di stazione, dei collegamenti telemisure/telecomandi di terra; esso dialoga con la struttura informatica del PCC;
l'EAS, automatismo di terra che gestisce le porte di banchina e la sequenza d'arresto dei veicoli in stazione;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

le diverse apparecchiature destinate alle comunicazioni (video e suono).

Descrizione degli automatismi imbarcati

Gli automatismi imbarcati includono una serie di sottosistemi indipendenti dalla scelta della tipologia di veicolo e un insieme di apparati proprietari che variano sulla base della scelta fatta. Qui di seguito diamo delle descrizioni asettiche dal sistema prescelto. In fase successiva di progettazione saranno esplicitati i sistemi effettivi.

Circuiti di Sicurezza imbarcati

Le funzioni di protezione del treno (ATP) sono realizzate tramite circuiti di sicurezza ubicati in 2 cassette dell'armadio automatismi imbarcato. Queste funzioni sono:

- la captazione dei segnali inviati dalle linee di trasmissione dell'antenna fissa;
- il comando delle porte del veicolo;
- la sicurezza anti-eccesso di velocità;
- la selezione dei modi operativi (normale, perturbato e senso di marcia);
- la sicurezza del senso di marcia e la rilevazione della velocità nulla;
- la logica del freno d'emergenza;
- il segnale anticollisione.

Dispositivi per Telemisura - Telecomando - Fonia

I segnali di telecomando e fonia vengono ricevuti dai sistemi di captazione generali e, in seguito, demodulati e separati. Il segnale fonia viene inviato ai circuiti a bassa frequenza per essere utilizzato per le funzioni di sonorizzazione e di inter-fonia. Il segnale di telecomando viene inviato verso un insieme di circuiti a microprocessori che elaborano anche i messaggi di telemisura destinati al PCC.

4.2.3 Il posto centrale e le comunicazioni

Gli impianti di telecomunicazione permettono lo scambio bidirezionale di informazioni fra Posto Centrale di Controllo e i passeggeri, il personale di esercizio sia in linea ed in stazione, che a bordo dei treni, sia in condizioni normali, che in caso di emergenza.

Sono previsti i seguenti impianti di telecomunicazione:

- impianto di videosorveglianza;
- impianto di diffusione sonora;
- impianto telefonico;
- impianto citofonico SOS;
- sistema di videoinformazione ai passeggeri in stazione;
- rete oraria.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Per svolgere efficacemente i loro compiti, gli operatori del PCC dispongono d'un insieme di mezzi tecnici d'informazione e d'azione che assicurano:

la funzione di sicurezza della Logica Traffico-Trazione (rete di comandi di sicurezza);
la funzione di comunicazione e videosorveglianza che comprende:

- la videosorveglianza delle stazioni;
- la inter-fonia veicolo (inter-fonia e sonorizzazione per le informazioni agli utenti);
- la inter-fonia e la sonorizzazione delle stazioni per le informazioni agli utenti;
- la rete telefonica classica;
- la radiotelegrafia;
- la segnaletica variabile in stazione per l'informazione agli utenti;
- la funzione telematica (gestione delle apparecchiature di terra e del materiale rotabile) con una rete telematica che comporta un insieme informatico installato nel PCC alle postazioni di raccolta dei dati installate nelle stazioni.

Funzioni a carattere di sicurezza

Le logiche di controllo del traffico e della trazione raggruppano un insieme di funzioni di sicurezza:

l'alimentazione a 750/1500 V_{DC} in diverse sezioni della via o sulla catenaria;
il funzionamento dei veicoli in modo automatico;
le azioni connesse all'interruzione dell'alimentazione e con l'arresto immediato (frenatura d'emergenza) dei veicoli in circolazione provengono:

- dagli automatismi imbarcati (Apparati Automatici di bordo) e di terra (Apparati Automatici fissi) (intervento automatico);
- dal PCC attraverso l'azionamento volontario d'un interruttore d'emergenza a pulsante (intervento umano).

Funzioni di comunicazione e videosorveglianza

Le funzioni di comunicazione e videosorveglianza sono distinte da quelle vitali ai fini della sicurezza.

La funzione d'inter-fonia con la galleria e le stazioni

Esso realizza una via di comunicazione ulteriore, alternativa, sicura e affidabile, tra il personale in servizio lungo la linea ed in stazione e i dirigenti operativi del centro di controllo.

La funzione d'inter-fonia e sonorizzazione con i veicoli

Questa funzione consente d'effettuare le seguenti principali operazioni:

- collegamenti interfonici da e per un determinato veicolo;
- collegamenti di sonorizzazione con un determinato veicolo e/o con tutti i veicoli.

La funzione di telefonia

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

La rete telefonica è strutturata con apparati in centrali situate in ogni stazione e collegate ognuna ad una centrale telefonica principale installata nel PCC con la rete a fibre ottiche.

La funzione di videosorveglianza e sonorizzazione delle stazioni

L'impianto di videosorveglianza ha come scopo principale quello di permettere agli operatori di posto centrale il controllo delle stazioni, mediante telecamere installate in modo da riprendere le zone più significative delle stesse:

- banchine,
- mezzanini e corridoi,
- scale mobili e ascensori,
- punti di ingresso ed uscita
- punti singolari in genere.

Il sistema prevede un'unità di videoregistrazione in grado di attivarsi in modo continuo, su comando di un operatore o in caso di particolari eventi (azionamento citofono SOS, allarme cabina ascensore, ecc.).

La funzione di radiotelefonica

Questa funzione permette agli operatori del PCC di mettersi in contatto con un operatore itinerante o che lavora lungo la via.

Diffusione Sonora

L'impianto di diffusione sonora ha lo scopo di sonorizzare le stazioni e le gallerie onde permettere la diffusione di annunci, vocali o preregistrati, da parte principalmente degli operatori di posto centrale.

Nelle stazioni è prevista la sonorizzazione di tutte le zone di accesso al pubblico:

- banchine;
- mezzanini e atri;
- scale e ascensori.

È prevista l'installazione nel Posto Centrale di un sistema di registrazione per la memorizzazione delle comunicazioni.

Le funzioni tele informatiche

L'insieme delle telemisure (TM) e dei telecomandi (TC) si presenta sotto forma di segnali digitali.

Si tratta d'informazioni di telesorveglianza trasmesse dai posti satellite al PCC, e di telecomandi di consegna di marcia trasmessi dal PCC ai posti satellite in stazione.

4.2.4 SCADA

Lo SCADA è il sistema di supervisione controllo e acquisizione dati che gestisce le apparecchiature di SSE inerenti all'impianto di alimentazione della trazione elettrica.

Ogni sistema SCADA, nella sua generalità, si inserisce all'interno di una architettura che prevede:

- Uno o più computer interconnessi fra loro ai quali sono affidate le funzioni di supervisione e, in particolare, di interfaccia uomo-macchina;
- Una serie di unità periferiche (RTU, moduli di I/O o PLC) che si interfacciano direttamente con il processo tramite sensori e attuatori;
- Una rete di comunicazione, caratterizzata da una molteplicità di mezzi trasmissivi e di protocolli di comunicazione, in grado di assicurare il corretto scambio di informazioni fra computer di supervisione e unità periferiche;

Il sistema SCADA è gestito da un suo software integrato, che mette a disposizione e in comunicazione tutti gli strumenti utili per realizzare applicazioni SCADA destinate a girare sui computer di supervisione, al fine di espletare le funzioni caratteristiche dei sistemi SCADA: supervisione, controllo e acquisizione dati.

Nel posto centrale di supervisione della linea metropolitana sarà installata la postazione di controllo di tutte le SSE di trazione e dei sistemi ad esse afferenti. Da questa postazione l'operatore preposto alla Trazione Elettrica avrà la possibilità di gestire le alimentazioni a distanza e riconfigurare la rete in corrente continua, secondo le necessità.

Il sistema di trasmissione dei dati/segnali dallo SCADA di SSE al posto centrale sarà realizzato con cavi fibra ottica disposti da altra tecnologia.

4.2.5 Rete Informatica

La rete deve avere una tipologia a doppio anello con ciascun anello connesso ad uno dei 2 nodi di rete presenti in ogni stazione; a ciascun nodo di rete sono a loro volta collegati gli apparati di elaborazione dei segnali audio/video/dati, in numero tale da suddividere le utenze finali (i terminali di stazione) sulle 2 dorsali ottiche. La rete informatica è, in tutte le realizzazioni recenti, sempre di tipo Gigabit Ethernet su fibra ottica mono modale con switch di classe elevata e di tecnologia recente.

4.2.6 Apparati di Telecomunicazione

Diffusione sonora

In stazione sono presenti stadi analogici di selezione delle zone a cui destinare i messaggi e stadi analogici di amplificazione; un particolare apparato audio si occupa di adeguare il volume dei messaggi inviati in stazione al rumore di sottofondo. Al PCC è presente uno stadio analogico di selezione dei segnali di ingresso, in modo da consentire, su specifica richiesta degli operatori, la

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

diffusione di musica di sottofondo, di messaggi preregistrati o di messaggi diretti degli operatori stessi.

Videosorveglianza

In stazione sono presenti matrici funzionali di selezione dei segnali analogici di ingresso ai codificatori video, mentre al Posto Centrale analoghe matrici di selezione provvedono all'instradamento dei segnali video provenienti dai decodificatori verso i monitor. I codificatori/decodificatori utilizzati sono apparati di livello industriale in grado di concentrare in un unico flusso dati i segnali provenienti da un adeguato numero di telecamere.

Telefonia di servizio e inter-fonia

Saranno installati opportuni apparati a tecnologia WEB (in stazione e sul Posto Centrale) e opportuni Call server (al Posto Centrale) in grado di gestire i servizi VoIP (Voice Over IP). Un apparato digitale modulare fornirà i collegamenti telefonici tra gli uffici del personale di gestione e la rete telefonica pubblica.

Videoinformazione

Le informazioni di servizio per utenti della linea saranno instradate su monitor della più recente tecnologia installati nei locali delle stazioni. Tali monitor sono dotati di apparati di elaborazione integrati (Computer Interni), in grado di collegarsi direttamente alla rete multiservizio per ricevere i comandi direttamente dal PCC.

Rete radio

La Rete Radio è principalmente necessaria per ragioni di sicurezza e rapidità di comunicazioni in mobilità. Saranno adottati agli standard più diffusi nelle Metropolitane Europee che sono:

- DMR (Digital Mobile Radio);
- TETRA (Terrestrial Trunked Radio).

Rete Radio Digitale DMR

I ripetitori DMR sono in grado di operare automaticamente in modalità sia analogica che digitale ("dual mode"), supportando comunicazioni vocali e chiamate selettive e segnalazioni sub-audio basate su protocolli tradizionali.

Rete Tetra

Il TETRA è uno standard aperto sviluppato dallo "European Telecommunications Standards Institute" (ETSI Standard EN 300 392). Scopo principale di questo standard è definire una serie di interfacce aperte per consentire ai produttori di sviluppare infrastrutture e terminali che possano pienamente inter-operare. Il principale beneficio è che consente di gestire un più elevato numero di comunicazioni punto-punto per canale RF rispetto ad un sistema radio convenzionale.

Rete radio descrizione del Sistema

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

L'impianto radio deve permettere di stabilire comunicazioni radio con ricetrasmittitori portatili, attraverso stazioni radio-base installate in stazione e collegate tramite una rete a fibra ottica con il PCC.

Altri servizi

Oltre alle comunicazioni di servizio sono previste altre applicazioni che richiedono la trasmissione di dati a larga banda da veicolo a centro di controllo o stazioni, come ad esempio:

- videosorveglianza a bordo dei veicoli: segnali audio/video/dati;
- intrattenimento multimediale a bordo su monitor o su display: segnali broad-casting;
- annunci ed informazioni al pubblico esempio monitor dedicati, monitor su pareti banchina e videowall;
- interazione audio-video tra passeggeri e operatori al posto centrale;
- sistemi informativi di bordo;
- sorveglianza video di bordo;
- diffusione sonora di intrattenimento a bordo.

4.2.7 Alimentazione sistema media tensione

Il sistema Media Tensione dovrà provvedere ad alimentare le seguenti parti di impianto:

- cabine di trasformazione MT/BT di stazione;
- cabine di trasformazione MT/BT dei pozzi di ventilazione (ove previsto);
- cabine di conversione per il sistema di trazione (SSE, PR).

L'alimentazione in Media Tensione degli impianti di sistema e non di sistema della linea metropolitana sarà costituita da n. punti di adduzione MT (a seconda della tratta di appartenenza), collegati tra loro tramite due linee MT disposte in galleria.

Nella figura seguente è riportata una delle possibili schematizzazioni della rete MT

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

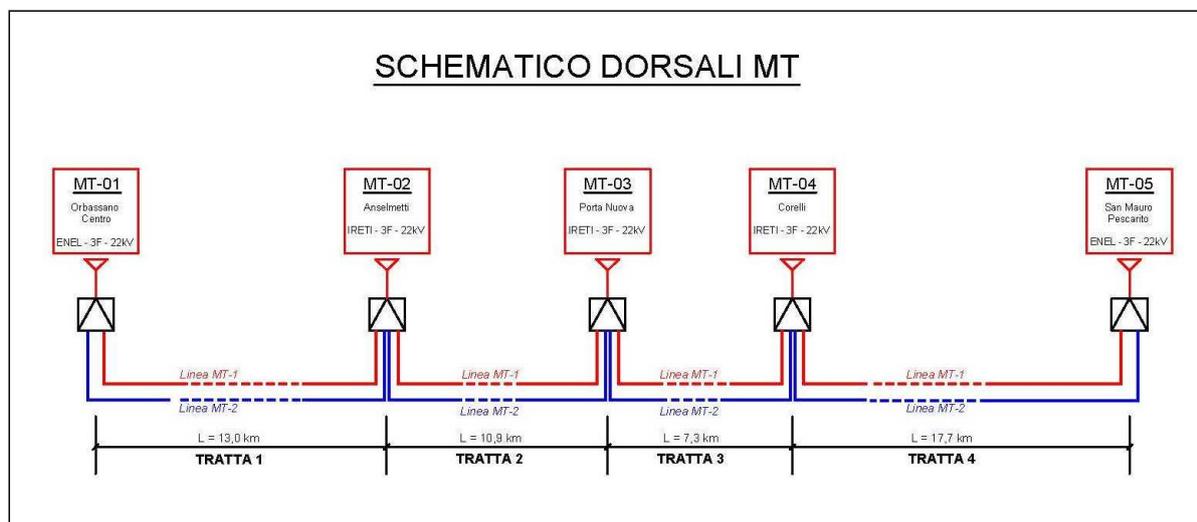


Figura 1: Schema dorsali MT

È prevista la ridondanza degli impianti MT sia a livello di punti di consegna che di distribuzione.

Per i punti di consegna è previsto il normale funzionamento di tutti gli impianti, anche con la perdita di uno di essi.

Per le linee MT è previsto il normale funzionamento di tutte le cabine MT/BT di stazione e dei pozzi (ove previsto) di ventilazione, anche con la perdita di una di esse.

Le due linee saranno posate separatamente sulle due vie di linea su passerelle/cunicoli lungo linea. In prossimità delle stazioni/pozzi saliranno nei cavedi verticali con percorsi compartimentati, fino ad arrivare ai due locali Media Tensione. I cavi risponderanno alle prescrizioni del regolamento CPR, in particolare saranno utilizzati cavi idonei per classe di rischio alto (Classe: B2ca – s1a, d1, a1).

Nei punti di adduzione della rete MT, saranno previste delle Cabine di Consegna. In esse troveranno posto i Quadri di Media Tensione-Consegna. Da questi quadri si dirameranno le due linee in MT che alimenteranno tutto il sistema MT di linea.

Il sistema di distribuzione MT per l'intera linea sarà costituito da linee ad anello, ma la gestione dell'impianto dovrà essere radiale, con un solo punto di alimentazione per ciascuna tratta. Opportuni interblocchi elettrici, meccanici o logici, impediranno il parallelo (volontario o involontario), delle linee MT sottese a due punti di alimentazione, qualsiasi sia la configurazione della rete MT.

4.2.8 Cabine di trasformazione MT/BT di stazione e/o pozzi ventilazione

Per ogni stazione o pozzo saranno previsti due Quadri di Media Tensione, ognuno sotteso ad una linea MT e disposti in locali separati e compartimentati tra loro (ove richiesto in ottemperanza al

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

D.M. 21/10/2015), in via subordinata un'area PEF contenente i trasformatori MT/BT e il QGBT (ai sensi del D.M. 11/01/1988).

Ogni QMT alimenterà un trasformatore MT/BT isolato in resina (uno di riserva all'altro e ognuno capace di sostenere l'intero carico), disposto anch'esso nel locale contenente il QMT o nel locale PEF a seconda della tipologia di stazione.

I secondari dei trasformatori saranno collegati al QGBT di Stazione/Pozzo (facente parte degli impianti non di sistema).

Nella figura seguente è riportato un tipico di distribuzione e alimentazione delle cabine MT/BT:

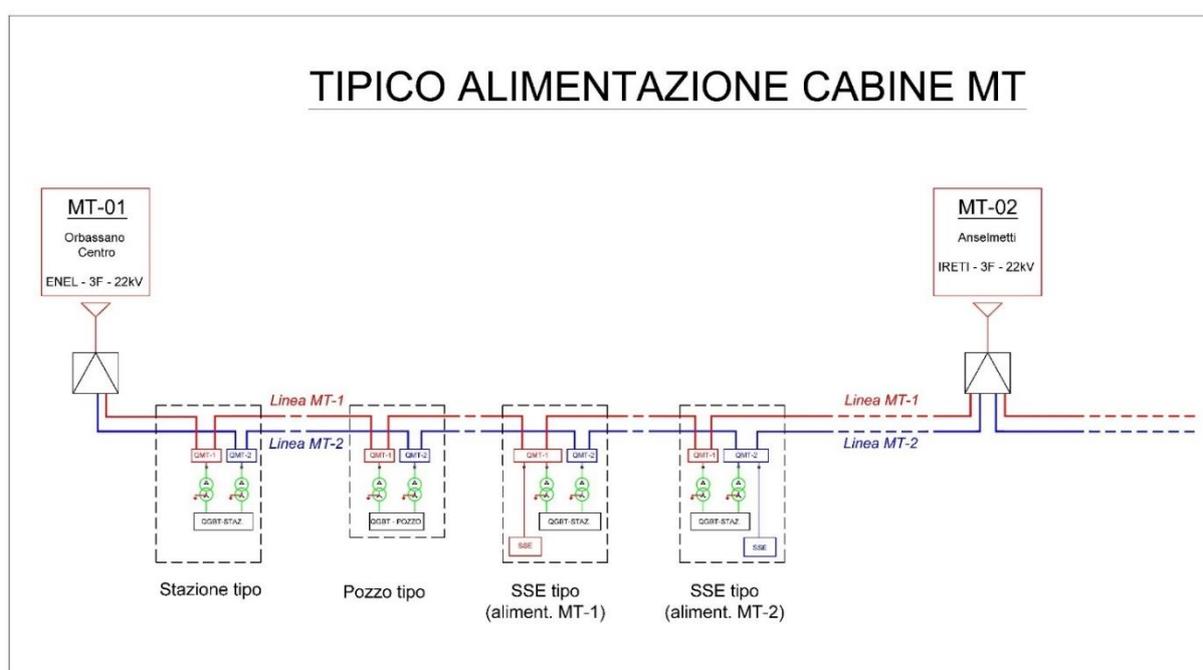


Figura 2: Tipico di distribuzione e alimentazione delle cabine MT/BT

4.2.9 Sistema di supervisione rete MT

I QMT provvedono a realizzare l'entra/esci delle linee MT e a proteggere i cavi stessi; in caso di guasto sarà possibile riconfigurare le alimentazioni dei QMT tramite un sistema di supervisione, composto da un PLC dedicato agli impianti MT disposto in ogni cabina e una postazione di gestione centrale.

Sarà impedita la possibilità di parallelo tra alimentazioni diverse (tramite interblocchi elettrici, logici o meccanici), sia a livello di cabina consegna o smistamento, sia a livello di ogni singolo quadro di media tensione presente sul sistema MT.

Il sistema di trasmissione dei dati/segnali dal PLC MT di cabina al posto centrale sarà realizzato con cavi fibra ottica disposti da altra tecnologia.

4.2.10 Sottostazione elettrica

Nelle stazioni sede di sottostazione elettrica di alimentazione del sistema di trazione (SSE o PR) saranno previste le apparecchiature necessarie per la conversione dell'energia.

La sottostazione elettrica è posizionata tutta all'interno di un apposito locale delle stazioni. Questa è alimentata da uno solo dei quadri elettrici di media tensione delle cabine di media presenti in stazione. All'interno del locale SSE troveranno posto: il trasformatore di gruppo a doppio secondario isolato in resina, due raddrizzatori di gruppo disposti in parallelo, il Quadro di protezione e distribuzione in Corrente Continua, il quadro servizi ausiliari (QSACA e CC) e il sistema batterie per gli impianti aux, e il sistema di protezione e gestione SSE di tipo SCADA.

Il locale SSE sarà predisposto per eventuale ampliamento con secondo gruppo di conversione (ove possibile).

I cavi in Corrente continua (positivo e negativo) saranno posati all'interno dei cavedi verticali, opportunamente predisposti, o del pavimento tecnico, fino ad arrivare al piano banchina nei locali dove saranno disposti i sezionatori di linea; da qui i cavi alimenteranno il sistema di trazione elettrica.

5. SISTEMA QUALITÀ

5.1 Generalità

Il presente paragrafo definisce le prescrizioni relative al Sistema di Qualità (SQ) che il Progettista dovrà possedere, nonché le prescrizioni relative alle interfacce tra il Committente ed il Fornitore medesimo riguardo agli aspetti del SQ. Dovranno essere prese a riferimento le norme di cui al precedente §3.2.

Il Progettista potrà esibire documentazione relativa ad eventuali pratiche di certificazione, concluse od in corso, con organismi di certificazioni accreditati e dovrà estendere ai propri consociati le prescrizioni di cui sopra, assumendosi la responsabilità del loro rispetto, sino a sopperire con propri mezzi e funzioni alle eventuali carenze esistenti. Il Fornitore dovrà garantire al Committente ed agli Organismi di Ispezione l'accessibilità ai suoi uffici e sedi ove vengono comunque svolte attività attinenti al rapporto contrattuale in oggetto. L'accessibilità dovrà essere garantita anche a tutta la documentazione comunque connessa con le prestazioni di progettazione. Allo stesso modo dovrà essere assicurata l'accessibilità ai documenti dei consociati.

Il Fornitore dovrà, in conformità al proprio Sistema Qualità ed alle prescrizioni minime richieste dal Committente, predisporre il Piano di Qualità per le attività oggetto del Contratto (i cui contenuti sono definiti al successivo paragrafo 5.4), che dovrà essere approvato dal Committente.

Il Piano di Qualità, per le attività affidate con la sottoscrizione del Contratto Attuativo, dovrà pervenire al Committente nella forma di "Emissione per Commenti" entro 7 giorni dalla data di notifica del Contratto Attuativo.

Entro i 7 giorni successivi il Committente farà pervenire le proprie osservazioni che dovranno essere recepite nelle "Emissione Finale" del Piano, redatto dal Fornitore nei successivi 7 giorni.

Analogamente avverrà per le prestazioni connesse all'esecuzione delle Opere a decorrere dalla data di notifica di inizio delle stesse. In seguito all'approvazione del Committente i documenti di cui sopra avranno valenza contrattuale.

5.2 Requisiti del Sistema Qualità

Di seguito si riportano i requisiti del Sistema Qualità che devono possedere le diverse aree in cui il Fornitore deve strutturare la propria attività.

5.3 Area Organizzativo-Gestionale

Il Fornitore deve dotarsi di struttura organizzata con definizione delle responsabilità funzionali e gerarchiche e delle linee di comunicazione per tutte le attività oggetto del Contratto e che hanno influenza sulla qualità come previsto nell'ambito della UNI EN-ISO 9001 di seguito elencate:

- Politica della Qualità
- Organizzazione

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- Procedure del Sistema Qualità
- Pianificazione della Qualità
- Riesame del Contratto
- Azioni correttive e preventive
- Documenti di registrazione della Qualità
- Verifiche Ispettive interne della Qualità
- Addestramento

5.3.1 Area Progettazione

Le modalità di gestione e controllo dell'attività di progettazione si riferiranno a quanto indicato nella UNI EN-ISO 9001:

- Pianificazione dell'attività di Progettazione e sviluppo
- Interfacce organizzative e tecniche
- Dati e requisiti di base dell'attività di Progettazione
- Risultati dell'attività di Progettazione
- Riesame dell'attività di Progettazione
- Verifica dell'attività di Progettazione
- Validazione dell'attività di Progettazione
- Modifiche all'attività di Progettazione

In particolare, la progettazione dovrà essere oggetto di uno specifico Piano della Qualità.

5.3.2 Controllo del Committente sul sistema Qualità

Il Committente sorveglierà il rispetto delle prescrizioni tecniche, l'adeguatezza e la corretta attuazione del SQ del Fornitore. Tale sorveglianza potrà applicarsi, tra l'altro, mediante riunioni ed esame di documenti tecnici, gestionali e programmatici selezionati. L'entità delle azioni di sorveglianza e controllo da parte del Committente varierà in funzione dell'effettivo grado di attuazione del SQ da parte del Fornitore, come riscontrato dal Committente nel corso delle prestazioni oggetto del Contratto. Nel corso della durata dell'Accordo Quadro, il Committente verificherà, annualmente, la permanenza dei requisiti e delle certificazioni sulla Qualità.

5.4 Piano di Qualità dell'attività di progettazione

Il Piano di Qualità dell'attività di progettazione che il Fornitore dovrà redigere e trasmettere al Committente entro una settimana dalla firma del Contratto Attuativo, avrà lo scopo di definire, in

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

funzione e coerentemente con quanto prescritto nei Documenti Contrattuali, le modalità operative, le interfacce, le responsabilità ed il controllo delle attività di progettazione.

Tale Piano dovrà essere redatto in forma schematica e sintetica.

In seguito all'approvazione del Committente esso avrà rilevanza contrattuale nei rapporti tra il Fornitore ed il Committente medesimo.

Esso dovrà contenere, tra l'altro, le seguenti informazioni:

1. Organizzazione generale delle attività di progettazione.

1a) Descrizione dell'Organizzazione del Gruppo di Progetto ed elenco dei compiti e delle responsabilità delle risorse che lo compongono;

1b) Descrizione della suddivisione delle varie fasi e/o attività di progettazione.

1c) Descrizione delle interfacce sia interne al Fornitore che esterne, nei riguardi del Committente e di eventuali altri Suoi consulenti/consociati; tutta la modulistica relativa alla corrispondenza, ai verbali, alla distribuzione sia interna che esterna, ecc. sarà preparata dal Fornitore sottoposta per approvazione al Committente.

1d) Descrizione dei supporti informatici che si intendono utilizzare per l'attività di progettazione;

2. Esecuzione dell'attività di progettazione:

2a) Descrizione ed individuazione puntuale delle opere di cui redigere l'attività di progettazione;

2b) Individuazione dei dati di base per la redazione dell'attività di progettazione;

2d) Descrizione ed individuazione di dettaglio delle tipologie di Elaborati da redigere;

2e) Elenco degli Elaborati da emettere (Elenco Documenti);

2f) Sistema di codifica e codifica degli Elaborati;

2g) Procedura per l'approvazione di tutti gli Elaborati e gestione di tutta la documentazione di progettazione, in funzione di quanto prescritto dal Committente;

2h) Procedure di archiviazione di tutta la documentazione relativa all'attività di progettazione.

3. Controllo dell'attività di progettazione:

3a) Definizione delle modalità, dei tempi e delle risorse che gestiranno il processo di controllo dell'attività di progettazione;

3b) Procedure di verifica e controllo di Elaborati grafici che dovrà avvenire in conformità con quanto specificato nel Capitolato Informativo;

3c) Procedure di verifica e controllo di relazioni di calcolo e loro congruenza con gli elaborati grafici di cui al punto 3b).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

3d) Procedure di riesame della progettazione.

4. Gestione delle modifiche alla Progettazione.

4a) Modalità di gestione delle modifiche rispetto al Progetto;

4b) Modalità e flusso di informazioni per le necessarie approvazioni del Committente.

In funzione delle procedure contenute nel Piano di Qualità della Progettazione il Fornitore dovrà elaborare e sottoporre per approvazione al Committente tutta la modulistica di gestione del Piano medesimo. Detta modulistica dovrà poter essere utilizzata su supporto informatico.

6. METODI E STRUMENTI DI GESTIONE INFORMATIVA DIGITALE

La progettazione esecutiva dovrà essere sviluppata con metodologia BIM, in conformità all'articolo 43 del Codice, secondo le indicazioni fornite nei capitoli successivi, nonché in ottemperanza alle richieste del Capitolato Informativo che è parte integrante della documentazione progettuale ed al quale si rimanda per maggiori dettagli (cod. MTL2T1A0DZOOGENZ003).

Il Concorrente dovrà presentare l'offerta di gestione informativa (oGI) che risponde alle richieste del Capitolato informativo del Committente. L'oGI sarà parte integrante della documentazione contrattuale e, a seguito dell'aggiudicazione dell'Appalto e dell'attivazione del Contratto Attuativo, il Progettista in oggetto dovrà presentare, entro e non oltre 7 giorni n.c., il Piano di Gestione Informativa (pGI), in cui si specifica con maggior dettaglio quanto dichiarato nella precedente Offerta per la Gestione Informativa.

7. PROGETTAZIONE ESECUTIVA

7.1 Composizione del Gruppo di Lavoro per la Progettazione

Per l'espletamento delle attività di Progetto, dovrà essere costituito un apposito Gruppo di Lavoro composto da professionalità adeguate e personale tecnico idoneo, nel rispetto del D.lgs 36/2023.

Il Gruppo di lavoro dovrà contenere al proprio interno le seguenti professionalità ove per Progettista si intende il Responsabile dello specifico settore di progettazione:

- Progettista – Responsabile dell'integrazione delle discipline specialistiche.
- Esperto in Studi di Impatto Ambientale.
- Progettista Strutturista.
- Progettista Geologo, iscritto all'ordine professionale (o equivalente per la UE).
- Progettista Geotecnico.
- Progettista Architettonico.
- Progettista Idraulico.
- Progettista Elettrico.
- Progettista Meccanico.
- Esperto Tecnologo per interfaccia con il Sistema individuato.
- Progettista degli impianti di Sistema
- Esperto specialista per i problemi generali di illuminazione, smaltimento fumi, qualità dell'aria, vivibilità di Stazioni, etc.
- Esperto in cantierizzazioni.
- Archeologo, iscritto nell'Elenco degli operatori abilitati alla relazione del documento di valutazione archeologica nel progetto preliminare di gara pubblica" del MiBACT, in possesso dei requisiti previsti dal DM 60/2009.
- Professionista Antincendio, iscritto negli elenchi del Ministero dell'interno di cui all'art. 16 dlgs 8.3.2006, n. 139.
- Esperto in problematiche relative alla sicurezza, in possesso dei requisiti tecnico-professionali di cui all'articolo 98 del D. Lgs. 81/2008 e s.m.i.,
- Progettista Restauro del Monumento (bronzi e basamento lapideo)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- esperto in progettazione di beni culturali nella fattispecie di "monitoraggio, manutenzione, restauro di beni culturali immobili" di cui al D.M. 22 agosto 2017 n. 154 art. 1, o equivalenti;
- BIM Manager;
- ACDA Manager;
- BIM Coordinator (1 per disciplina);
- BIM Specialist;
- Computista BIM.

Il Committente avrà, in caso di insoddisfazione dell'operato del personale suddetto, il diritto di ottenerne l'allontanamento senza l'obbligo di specificare il motivo e senza che l'Aggiudicatario possa di conseguenza chiedere oneri di sorta.

Il Gruppo di Lavoro dovrà essere composto da un numero di figure professionali sufficiente ad adempiere agli obblighi contrattuali.

Tali figure professionali dovranno possedere esperienza almeno quinquennale (decennale per Responsabile dell'Integrazione delle discipline specialistiche), estesa fino al livello di progettazione esecutiva, relativa ad opere civili ed impiantistiche nei seguenti ambiti:

- Gallerie a foro cieco realizzata con metodi tradizionali e in scavo meccanizzato ed opere in sotterraneo in genere, in ambito urbano.
- Opere strutturali in c.a. gettato in opera e prefabbricato, acciaio.
- Opere geotecniche (Fondazioni, Opere di sostegno, paratie, micropali, etc.).
- Opere architettoniche.
- Opere idrauliche in genere.
- Impianti elettrici e meccanici (non di Sistema).
- Impianti elettrici e meccanici di Sistema.

7.2 Pianificazione e Controllo della Progettazione

L'Aggiudicatario dovrà svolgere le prestazioni richieste per la redazione della progettazione esecutiva entro 180 giorni dalla formalizzazione dell'incarico da parte del Responsabile del Procedimento.

Nell'ambito dei suddetti 180 giorni, l'Aggiudicatario dovrà altresì eseguire le indagini geologiche, geotecniche, ambientali ed archeologiche (entro i primi 90 giorni), le indagini sui fabbricati (entro i primi 60 giorni) e gli approfondimenti dei rilievi topografici (entro i primi 30 giorni).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Entro 7 (sette) giorni dalla data di aggiudicazione, l'Aggiudicatario dovrà preparare e presentare al Committente per approvazione la Pianificazione Dettagliata della Progettazione ed il relativo Sistema di Controllo.

L'avanzamento delle prestazioni per le attività di progettazione sarà oggetto di verifica congiunta con il Committente e con l'Organismo di Controllo (incaricato dal Committente) ad intervalli settimanali (o comunque non superiori a 20 giorni) e comunque ogni qualvolta venga richiesto dal Committente.

A tal fine saranno previste riunioni periodiche (al massimo settimanali), i cui relativi ordini del giorno verranno stilati con adeguato anticipo.

Le riunioni saranno oggetto di apposito verbale firmato dalle Parti e nello stesso dovrà essere formulato l'ordine del giorno della successiva riunione.

Alla consegna degli elaborati progettuali da parte dell'Aggiudicatario, seguirà una fase di verifica da parte del Committente e dell'Organismo di Controllo (incaricato dal Committente), della durata di 15 giorni, al termine della quale saranno forniti all'Aggiudicatario i relativi rilievi emersi. Tali rilievi dovranno essere recepiti dall'Aggiudicatario entro i successivi 15 giorni, cui farà seguito l'emissione finale del progetto esecutivo.

E' altresì richiesto all'Aggiudicatario di eseguire il monitoraggio ambientale ante-operam, che avrà una durata annuale e che potrà essere avviato in seguito all'adeguamento del PMA presente nel progetto definitivo ed alla relativa condivisione dello stesso da parte del Tavolo tecnico istituito dall'Autorità Competente (prevista entro i primi 30 giorni dall'avvio dell'incarico di progettazione esecutiva).

Qualora, nel corso dell'esecuzione del Contratto si verificano eventi che comportino variazioni dei tempi di esecuzione, l'Aggiudicatario dovrà tempestivamente aggiornare il programma e sottoporlo al Committente per la riapprovazione.

Il Committente si riserva la facoltà di modificare quanto indicato dalla Pianificazione Dettagliata dell'Aggiudicatario mediante opportune comunicazioni scritte.

In sede di aggiornamento della Pianificazione Dettagliata, l'Aggiudicatario dovrà recepire le disposizioni del Committente mediante una riprogrammazione che garantisca il rispetto delle date contrattuali.

7.3 Direttive e Prescrizioni generali per la Progettazione

Il Progetto esecutivo dovrà essere sviluppato in tutti i suoi particolari ed allegati, nel rispetto delle norme dettate dal d.lgs 36/2023 ed eventuali norme attuative nonché in base alle altre disposizioni che potrà impartire in proposito il Committente tramite il Responsabile di Procedimento.

Nello sviluppo della Progettazione, l'Aggiudicatario dovrà garantire l'integrazione e interfacciamento con le opere di Sistema.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

L'Aggiudicatario sarà altresì tenuto a seguire le Specifiche Tecniche contenute nel Documento di Interfaccia con il Detentore del Sistema, nonché a recepire le indicazioni ulteriori e/o diverse che saranno definite con il Detentore del Sistema ed il Committente.

L'Aggiudicatario dovrà, nel corso della progettazione, predisporre con cadenza periodica almeno ogni 30 giorni rapporti sullo stato di avanzamento delle attività di Contratto nei quali sia chiaramente individuato lo stato di avanzamento della progettazione, le principali scelte operate, le eventuali tematiche sulle quali devono essere assunte delle decisioni.

I documenti sullo stato di avanzamento della progettazione saranno presentati dall'Aggiudicatario al Committente nel corso degli appositi incontri periodici.

L'Aggiudicatario dovrà redigere il computo metrico estimativo dei lavori oggetto della progettazione esecutiva e l'Elenco Prezzi d'offerta.

Qualora sia indispensabile prevedere l'esecuzione di una lavorazione, di un'esecuzione speciale, di un approvvigionamento particolare o di una prestazione specialistica o di tecnologia complessa e/o innovativa e sia necessaria l'adozione di uno specifico prezzo, questo, prima di essere introdotto nel Capitolato Particolare d'Appalto da redigersi a cura dell'Aggiudicatario, dovrà essere preventivamente proposto al Responsabile del Procedimento, accompagnato da un'accurata analisi per unità di misura, con l'applicazione per quanto possibile dei prezzi elementari contenuti nel suddetto Elenco Prezzi ed, in loro mancanza, con l'utilizzo dei prezzi ricavati dalle migliori condizioni di mercato, da dimostrarsi con relazione supportata da indagine merceologica da condursi in Italia o all'estero, anche attraverso il raffronto con opere similari; al nuovo prezzo così formulato sarà applicato il ribasso presentato in sede d'offerta dall'Appaltatore.

Questi elenchi prezzi verranno forniti sia con una descrizione breve dell'articolo e sia con una descrizione particolareggiata riferita alle condizioni dei capitolati di costruzione.

7.4 Piano di Qualità della Progettazione

Il Piano di Qualità della Progettazione che l'Aggiudicatario dovrà redigere e trasmettere al Committente entro una settimana dalla firma del Contratto, avrà lo scopo di definire, in funzione e coerentemente con quanto prescritto nei Documenti Contrattuali, le modalità operative, le interfacce, le responsabilità ed il controllo delle attività di progettazione della Metropolitana.

Tale Piano dovrà essere redatto in forma schematica e sintetica.

In seguito all'approvazione del Committente esso avrà rilevanza contrattuale nei rapporti tra l'Aggiudicatario ed il Committente medesimo.

Esso dovrà contenere, tra l'altro, le seguenti informazioni:

Organizzazione generale delle attività di Progettazione.

1a) Descrizione dell'Organizzazione di Progetto, del Gruppo di Progetto ed elenco dei compiti e delle responsabilità delle risorse che lo compongono.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

1b) Descrizione della suddivisione delle varie fasi e/o attività di progettazione.

1c) Descrizione delle interfacce di progetto, sia interne all'Aggiudicatario che esterne, nei riguardi del Committente e di eventuali altri Suoi consulenti; tutta la modulistica relativa alla corrispondenza, ai verbali, alla distribuzione sia interna che esterna, ecc. sarà preparata dall'Aggiudicatario sottoposta per approvazione al Committente.

1d) Descrizione dei supporti informatici che si intendono utilizzare per l'attività di progettazione.

Esecuzione della Progettazione:

2a) Descrizione ed individuazione puntuale delle opere di cui redigere la Progettazione.

2b) Individuazione dei dati di base per la redazione della Progettazione.

2d) Descrizione ed individuazione di dettaglio delle tipologie di Elaborati da redigere.

2e) Elenco degli Elaborati da emettere (Elenco Documenti).

2f) Sistema di codifica e codifica degli Elaborati.

2g) Procedura per l'approvazione di tutti gli Elaborati e gestione di tutta la documentazione di progettazione, in funzione di quanto prescritto dal Committente.

2h) Procedure di archiviazione di tutta la documentazione relativa alla Progettazione.

Controllo della Progettazione:

3a) Definizione delle modalità, dei tempi e delle risorse che gestiranno il processo di controllo della Progettazione.

3b) Procedure di verifica e controllo di Elaborati grafici.

3c) Procedure di verifica e controllo di relazioni di calcolo e loro congruenza con gli elaborati grafici di cui al punto 3b)

3d) Procedure di riesame della progettazione.

Gestione delle modifiche alla Progettazione.

4a) Modalità di gestione delle modifiche rispetto al Progetto;

4b) Modalità e flusso di informazioni per le necessarie approvazioni del Committente;

4c) Modalità e tempi di coinvolgimento degli Enti aventi causa per le autorizzazioni amministrative.

In funzione delle procedure contenute nel Piano di Qualità della Progettazione l'Aggiudicatario dovrà, elaborare e sottoporre per approvazione al Committente tutta la modulistica di gestione del Piano medesimo. Detta modulistica dovrà poter essere utilizzata su supporto informatico.

8. CONTENUTI DEL PROGETTO ESECUTIVO

Il progetto esecutivo dovrà essere conforme a quanto prescritto dal D.Lgs. 36/2023 nonché in conformità all'art. 22 dell'Allegato I7 Sezione III ed allegati complementari.

Il progetto esecutivo, redatto in conformità al precedente livello di progettazione, determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto e il cronoprogramma coerente con quello del progetto definitivo. Il progetto esecutivo deve essere sviluppato a un livello di definizione tale che ogni elemento sia identificato in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo. Il progetto deve essere, altresì, corredato di apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, in relazione al ciclo di vita dell'opera stessa.

Ai sensi dell'articolo 43 del codice e del relativo allegato I.9, la redazione del progetto esecutivo deve essere supportata da metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni, entro l'ambiente di condivisione dei dati. All'interno del capitolato informativo al quale si rimanda per maggiori dettagli sono definiti gli obiettivi strategici di commessa da perseguire.

Il progetto esecutivo è redatto nel pieno rispetto delle prescrizioni dettate nei titoli abilitativi o in sede di accertamento di conformità urbanistica, o di conferenza dei servizi o di pronuncia di compatibilità ambientale.

Il progetto esecutivo contiene la definizione finale di tutte le lavorazioni e, pertanto, descrive compiutamente e in ogni particolare architettonico, strutturale e impiantistico, l'intervento da realizzare. Salva diversa motivata determinazione della stazione appaltante, il progetto esecutivo, in relazione alle dimensioni, alla tipologia e alla categoria dell'intervento, è composto dai seguenti documenti:

- a) relazione generale;
- b) relazioni specialistiche;
- c) elaborati grafici, comprensivi anche di quelli relativi alle strutture e agli impianti, nonché, ove previsti, degli elaborati relativi alla mitigazione ambientale, alla compensazione ambientale, al ripristino e al miglioramento ambientale;
- d) calcoli del progetto esecutivo delle strutture e degli impianti;
- e) piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- f) aggiornamento del piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81;
- g) quadro di incidenza della manodopera;
- h) cronoprogramma;
- i) elenco dei prezzi unitari ed eventuali analisi;
- j) computo metrico estimativo e quadro economico;
- k) schema di contratto e capitolato speciale di appalto;
- l) piano particellare di esproprio aggiornato;
- m) relazione tecnica ed elaborati di applicazione dei criteri minimi ambientali (CAM) di riferimento, di cui al codice, ove applicabili;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

n) fascicolo adattato alle caratteristiche dell'opera, recante i contenuti di cui all'allegato XVI al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81,

e quant'altro comunque necessario all'esecuzione dell'opera.

Poiché si ricorre ai metodi e agli strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni, di cui all'articolo 43 del codice, in coerenza con i contenitori informativi e con i modelli informativi configurati e predisposti nel progetto definitivo all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati, per quanto possibile, gli elaborati grafici devono essere estratti dai predetti modelli informativi. La natura dei livelli di fabbisogno informativo, di carattere geometrico-dimensionale e alfanumerico, richiesti per il progetto esecutivo è definita nei requisiti informativi determinati nel CI. La specificazione dei livelli informativi, unitamente alla definizione delle finalità attese per i modelli informativi e delle eventuali regole di controllo di conformità, deve essere utilizzata per la verifica del progetto esecutivo ai fini della validazione e può essere utilizzata nella gestione dei percorsi autorizzativi inerenti. L'accesso dei diversi soggetti interessati all'ambiente di condivisione dei dati nel corso della redazione del progetto esecutivo e dei relativi contenitori e modelli informativi è disciplinato contrattualmente, in riferimento alla struttura dell'ambiente stesso, così come definita dalla serie normativa UNI EN ISO 19650.

Il progetto esecutivo dovrà comprendere inoltre il manuale di gestione ambientale del cantiere.

Considerato altresì l'affidamento congiunto di progettazione esecutiva ed esecuzione di lavori sulla base del progetto definitivo, il progetto esecutivo non deve prevedere significative modifiche alla qualità e alle quantità delle lavorazioni previste nel progetto definitivo. Sono ammesse le modifiche qualitative e quantitative, contenute entro i limiti stabiliti dal codice, che non incidano su eventuali prescrizioni degli enti competenti e che non comportino un aumento dell'importo contrattuale.

8.1 Relazione generale del progetto esecutivo

La relazione generale del progetto esecutivo descrive in dettaglio, anche attraverso specifici riferimenti agli elaborati grafici e alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto:

- a) i criteri utilizzati per le scelte progettuali esecutive, ivi compresi i particolari costruttivi, nonché per il conseguimento e la verifica dei prescritti livelli di sicurezza e dei livelli prestazionali e qualitativi, in relazione al sistema delle esigenze e dei requisiti definiti nel quadro esigenziale e nel DIP e dei conseguenti livelli prestazionali individuati nel precedente livello progettuale;
- b) i criteri adottati e le scelte effettuate per trasferire sul piano contrattuale e sul piano costruttivo le soluzioni spaziali, tipologiche, funzionali, architettoniche e tecnologiche previste dal precedente livello progettuale approvato;
- c) i rilievi eseguiti e le indagini effettuate ai diversi livelli di progettazione anche al fine di ridurre in corso di esecuzione la possibilità di imprevisti.

La relazione generale elenca le normative applicate, con esplicito riferimento ai parametri prestazionali o prescrittivi adottati in relazione ai vari ambiti normativi cogenti o comunque presi

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

a riferimento, quali azioni e loro combinazioni, tempi di ritorno, classi di esposizione, scenari di evento, evidenziando eventuali modifiche intervenute rispetto al precedente livello di progettazione.

Per l'impiego di componenti prefabbricati, la relazione generale precisa le caratteristiche illustrate negli elaborati grafici e le prescrizioni del capitolato speciale d'appalto riguardanti le modalità di presentazione e di approvazione dei componenti da utilizzare.

Per l'impiego di materiali da trattare con l'uso di additivi o leganti, quali terreni naturali trattati a calce o cemento, nell'ambito del progetto esecutivo deve essere sviluppata la sperimentazione mediante campi prova al fine di definire le corrette proporzioni fra terreno e legante per ottenere un materiale da costruzione con le prestazioni richieste per le opere. La possibilità di utilizzare il terreno naturale trattato deve essere coerente con il piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo di cui all'articolo 10, comma 4, lettera d).

Per l'impiego di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice, il piano di gestione informativa deve riportare, preferibilmente in forma matriciale o, comunque, in forma analitica, la equivalenza tra i contenuti informativi presenti nella relazione generale del progetto esecutivo e quelli eventualmente presenti nei modelli informativi, oltre alla specifica relativa alle modalità di generazione da questi ultimi degli elaborati predetti, al fine di meglio governare la prevalenza contrattuale.

8.2 Relazioni specialistiche

1. Il progetto esecutivo, secondo le previsioni di cui all'articolo 22, comma 1 All. I.7 Sezione III del D.lgsv. 36/2023, in relazione alle dimensioni, alla tipologia e alla categoria dell'intervento, contiene le relazioni specialistiche, che costituiscono lo sviluppo di quelle contenute nel Progetto Definitivo.
2. Le relazioni, sulla base di quanto definito nel precedente livello progettuale, illustrano puntualmente e nel dettaglio tutti gli aspetti esaminati e le verifiche analitiche effettuate in sede di progettazione esecutiva, le soluzioni progettuali esecutive adottate in coerenza con quanto previsto nella progettazione definitiva e le eventuali ulteriori indagini eseguite, che devono essere funzionali alle suddette soluzioni progettuali esecutive, specifiche, adeguatamente motivate e che non inducano variazioni delle previsioni economiche di spesa.
3. Per i lavori complessi, di cui all'articolo 2, comma 1, lettera d), dell'allegato I.1 al codice, per i quali si sono rese necessarie, nell'ambito del precedente livello progettuale, particolari relazioni specialistiche, queste sono sviluppate in modo da definire in dettaglio gli aspetti inerenti all'esecuzione e alla manutenzione degli impianti tecnologici e di ogni altro aspetto dell'intervento, compresi quelli relativi alle opere di mitigazione e compensazione ambientale e alle opere a verde.
4. Poiché si ricorre all'uso di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice, il piano di gestione informativa deve riportare, preferibilmente in forma matriciale o, comunque, in forma analitica, la equivalenza tra i contenuti informativi

presenti nelle relazioni specialistiche del progetto esecutivo e quelli eventualmente presenti nei modelli informativi, oltre alla specifica relativa alle modalità di generazione da questi ultimi degli elaborati predetti, al fine di meglio governare la prevalenza contrattuale.

8.3 Elaborati grafici del progetto esecutivo

1. Gli elaborati grafici del progetto esecutivo definiscono dettagliatamente in ogni particolare architettonico, strutturale e impiantistico le caratteristiche dell'intervento da realizzare. Tali elaborati sono redatti nelle opportune scale, eseguiti con i procedimenti più idonei e debitamente quotati, in relazione al tipo di opera o di intervento, puntuale o a rete, da realizzare. Gli elaborati grafici del progetto esecutivo sono costituiti come di seguito indicato:
 - a) elaborati che sviluppino, nelle scale ammesse o prescritte, tutti gli elaborati grafici del progetto di fattibilità tecnico-economica;
 - b) elaborati che risultino necessari all'esecuzione delle opere o dei lavori sulla base degli esiti, degli studi e delle indagini eseguite nei diversi livelli di progettazione nonché, ove necessario, in sede di progettazione esecutiva;
 - c) elaborati di tutti i particolari costruttivi;
 - d) elaborati atti a illustrare le modalità esecutive di dettaglio;
 - e) elaborati di tutte le lavorazioni che risultano necessarie per il rispetto delle prescrizioni disposte dagli organismi competenti in sede di approvazione del progetto definitivo;
 - f) elaborati finalizzati a evitare effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio e sul patrimonio culturale in relazione alle attività di cantiere, tra cui uno studio della viabilità di accesso ai cantieri ed eventualmente la progettazione di quella provvisoria, in modo che siano contenuti l'interferenza con il traffico locale e il pericolo per le persone e per l'ambiente, nonché l'indicazione degli accorgimenti atti a evitare inquinamenti del suolo, acustici, idrici e atmosferici;
 - g) elaborati atti a definire le misure e gli interventi di mitigazione ambientale e di compensazione ambientale, nei relativi limiti di spesa ove stabiliti;
 - h) elaborati atti a definire le caratteristiche dimensionali, prestazionali e di assemblaggio dei componenti prefabbricati, qualora ne sia prevista l'utilizzazione;
 - i) elaborati che definiscono le fasi costruttive dell'intervento, con particolare riguardo alle strutture.

2. La stazione appaltante o l'ente concedente, qualora non ritenga pertinente, in relazione alla dimensione, alla categoria e alla tipologia dell'intervento, la predisposizione di uno o più elaborati grafici tra quelli elencati al comma 1, opera motivatamente le necessarie differenziazioni e riduzioni o integrazioni dell'elenco stesso, definendo la composizione specifica degli elaborati del progetto esecutivo per il singolo intervento.

3. Gli elaborati sono redatti in modo tale da consentire all'esecutore una corretta esecuzione dei lavori in ogni loro elemento.
4. Poiché si ricorre all'uso di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice il piano di gestione informativa deve riportare, preferibilmente in forma matriciale o, comunque, in forma analitica, la equivalenza tra i contenuti informativi presenti negli elaborati grafici del progetto esecutivo e quelli presenti nei modelli informativi, oltre alla specifica relativa alle modalità di generazione da questi ultimi degli elaborati predetti, al fine di meglio governare la prevalenza contrattuale.

8.4 Calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti

La redazione dei calcoli relativi al progetto esecutivo delle strutture e degli impianti, nell'osservanza delle rispettive normative vigenti, può essere eseguita anche mediante utilizzo di programmi informatici.

I calcoli del progetto esecutivo delle strutture devono consentire il dimensionamento e le verifiche delle prestazioni delle stesse, secondo quanto stabilito dalle vigenti regole tecniche, in ogni loro aspetto generale e particolare, in modo da escludere la necessità di variazioni in corso di esecuzione.

I calcoli del progetto esecutivo degli impianti sono eseguiti con riferimento alle condizioni di esercizio o alle fasi costruttive, qualora più gravose delle condizioni di esercizio, nonché alla destinazione specifica dell'intervento e devono permettere di stabilire e dimensionare tutte le apparecchiature, condutture, canalizzazioni e qualsiasi altro elemento necessario per la funzionalità dell'impianto stesso, nonché consentire di determinarne il prezzo.

La progettazione esecutiva delle strutture e degli impianti è effettuata unitariamente e in forma integrata alla progettazione esecutiva delle opere civili, al fine di dimostrare la piena compatibilità tra progetto architettonico, strutturale e impiantistico, di prevedere esattamente ingombri, passaggi, cavedi, sedi, attraversamenti e simili e di ottimizzare le fasi di realizzazione.

I calcoli delle strutture e degli impianti, comunque eseguiti, sono accompagnati da una relazione di calcolo, illustrativa dei criteri e delle modalità di calcolo, che ne consentano una agevole lettura e verificabilità.

Il progetto esecutivo delle strutture comprende:

- a) gli elaborati grafici di insieme - carpenterie, profili e sezioni - in scala non inferiore a 1:50, e gli elaborati grafici di dettaglio in scala non inferiore a 1:10, contenenti fra l'altro:
 - 1) per le strutture in cemento armato o in cemento armato precompresso, i tracciati dei ferri di armatura con l'indicazione delle sezioni e delle misure parziali e complessive, nonché i tracciati delle armature per la precompressione; resta esclusa soltanto la compilazione delle distinte di ordinazione a carattere organizzativo di cantiere;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- 2) per le strutture metalliche, lignee o realizzate con altri materiali composti per elementi, tutti i profili e i particolari relativi ai collegamenti, completi nella forma e spessore delle piastre, del numero e posizione di chiodi e bulloni o di altri tipi di connessioni, dello spessore, tipo, posizione e lunghezza delle saldature, ove presenti; resta esclusa soltanto la compilazione dei disegni di officina e dei relativi distinti pezzi;
- 3) per le strutture murarie, tutti gli elementi tipologici e dimensionali atti a consentirne l'esecuzione;
- b) la relazione di calcolo contenente:
 - 1) l'indicazione delle norme di riferimento;
 - 2) la specifica della qualità e delle caratteristiche meccaniche dei materiali e delle modalità di esecuzione qualora necessarie;
 - 3) l'analisi dei carichi per i quali le strutture sono state dimensionate;
 - 4) le verifiche statiche.

Nelle strutture che si identificano con l'intero intervento, quali gallerie, stazioni e manufatti sotterranei, opere di sostegno delle terre e simili, il progetto esecutivo è completo dei particolari esecutivi di tutte le opere integrative.

Il progetto esecutivo degli impianti comprende:

- a) gli elaborati grafici di insieme, in scala ammessa o prescritta e comunque non inferiore a 1: 50, e gli elaborati grafici di dettaglio, in scala non inferiore a 1: 10, con le notazioni metriche necessarie;
- b) l'elencazione descrittiva particolareggiata delle parti di ogni impianto con le relative Relazioni di calcolo;
- c) la specificazione delle caratteristiche funzionali e qualitative dei materiali, macchinari e apparecchiature.

I valori minimi delle scale contenuti nel presente articolo possono essere variati su motivata indicazione del RUP.

Poiché si ricorre a metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice, il piano di gestione informativa deve riportare le condizioni di eventuale interoperabilità tra i contenuti informativi presenti nel progetto esecutivo delle strutture e degli impianti e quelli inclusi nei modelli informativi.

8.5 Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti

Il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi, l'attività di manutenzione dell'opera e delle sue parti, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza e il valore economico. In allegato al piano di

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

manutenzione sono riportate le misure volte ad assicurare la conservazione e la protezione dei rinvenimenti archeologici rilevanti connessi all'opera, stabilite dalla soprintendenza competente ai sensi dell'articolo 41, comma 4, del codice, nei casi in cui, in relazione al tipo di intervento, tali disposizioni siano state emanate.

Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi, salvo diversa motivata indicazione dell'amministrazione:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione.

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti significative dell'opera, e in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità per la migliore utilizzazione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti significative del bene, e in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- d) il livello minimo delle prestazioni;
- e) le anomalie riscontrabili;
- f) le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

Il programma di manutenzione si realizza a cadenze prefissate temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola in tre sottoprogrammi:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- a) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- b) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche comprendenti, ove necessario, anche quelle geodetiche, topografiche, fotogrammetriche, geotecniche, sismiche e ambientali, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- c) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Nel caso di interventi complessi di cui all'articolo 2, comma 1, lettera d), dell'alleato I.1 del codice, nel manuale di manutenzione, oltre a quanto sopra indicato, sono approfonditi e sviluppati in particolare i seguenti aspetti:

- a) la descrizione delle risorse necessarie, riprendendo le voci del computo metrico estimativo e definendo le obsolescenze e i rimpiazzi in un tempo programmato e con l'indicazione dei relativi costi; deve quindi essere calcolata la manutenzione costante e il costo di tale manutenzione - rimpiazzo lungo il ciclo di vita del manufatto;
- b) il programma delle manutenzioni, mediante la predisposizione di database per la verifica e l'implementazione di quanto indicato alla lettera c);
- c) l'attivazione dei controlli sistematici (sottoprogramma dei controlli) al fine di stabilire le modalità di controllo sul permanere del rischio di disponibilità in capo all'operatore economico;
- d) la tracciabilità degli interventi di rimpiazzo effettuati (sottoprogramma interventi di manutenzione).

Poiché si ricorre a metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice, il piano di gestione informativa deve riportare la eventuale equivalenza tra i contenuti informativi presenti nel piano di manutenzione e quelli eventualmente presenti nei modelli informativi, oltre alla specifica relativa alle modalità di generazione da questi ultimi degli elaborati predetti, anche ai sensi del decreto del Ministro della transizione ecologica 23 giugno 2022, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 183 del 6 agosto 2022. Come meglio riportato nel Capitolato informativo il piano di manutenzione dovrà essere impostato per essere implementato in apposito software CMMS e in piattaforma digital twin.

8.6 Piani di sicurezza e di coordinamento

Il piano di sicurezza e di coordinamento è il documento complementare al progetto esecutivo, finalizzato a prevedere l'organizzazione delle lavorazioni più idonea per prevenire o ridurre i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, attraverso l'individuazione delle eventuali fasi critiche del processo di costruzione, e la definizione delle relative prescrizioni operative. Il piano contiene misure di concreta fattibilità, è specifico per ogni cantiere temporaneo o mobile ed è redatto

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

secondo quanto previsto nell'allegato XV al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81. La stima dei costi della sicurezza derivanti dall'attuazione delle misure individuate rappresenta la quota di cui all'articolo 5, comma 1, lettera b).

I contenuti del piano di sicurezza e di coordinamento sono il risultato di scelte progettuali e organizzative conformi alle misure generali di tutela di cui all'articolo 15 del decreto legislativo n. 81 del 2008, secondo quanto riportato nell'allegato XV al medesimo decreto legislativo in termini di contenuti minimi. In particolare, la relazione tecnica, corredata da tavole esplicative di progetto, deve prevedere l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi in riferimento all'area e all'organizzazione dello specifico cantiere, alle lavorazioni interferenti e ai rischi aggiuntivi rispetto a quelli specifici propri dell'attività delle singole imprese esecutrici o dei lavoratori autonomi.

Ove necessario, il piano di sicurezza e di coordinamento contiene altresì indicazioni riguardo agli elementi/dispositivi previsti per il collaudo dell'intervento.

8.7 Quadro di incidenza della manodopera

Il quadro di incidenza della manodopera è il documento sintetico che indica, con riferimento allo specifico contratto, il costo del lavoro di cui all'articolo 41, comma 13, del codice. Il quadro stima l'incidenza percentuale della quantità di manodopera per le diverse categorie generali e speciali di cui si compone l'opera o il lavoro.

8.8 Cronoprogramma

Il progetto esecutivo è corredato del cronoprogramma, costituito da un diagramma che rappresenta graficamente, in forma chiaramente leggibile, tutte le fasi attuative dell'intervento, ivi comprese le fasi di redazione del progetto esecutivo, di approvazione del progetto, di affidamento dei lavori, di esecuzione dei lavori, nonché di collaudo o di emissione del certificato di regolare esecuzione dei lavori, ove previsti secondo la normativa in materia, e per ciascuna fase indica i relativi tempi di attuazione. Il cronoprogramma, inoltre, riporta, in particolare, la sequenza delle lavorazioni che afferiscono alla fase di esecuzione dei lavori, con la pianificazione delle lavorazioni gestibili autonomamente, e per ciascuna lavorazione rappresenta graficamente i relativi tempi di esecuzione e i relativi costi.

Nel calcolo del tempo contrattuale deve tenersi conto della prevedibile incidenza dei giorni di andamento stagionale sfavorevole.

Nei casi in cui i lavori siano affidati sulla base del progetto definitivo, secondo quanto previsto dal codice, il cronoprogramma è presentato dal Concorrente insieme con l'offerta.

Per i lavori complessi di cui all'articolo 2, comma 1, lettera d), dell'allegato I.1 al codice, è, inoltre, predisposto, sulla base del computo metrico estimativo di cui all'articolo 31, un modello di controllo e gestione del processo di realizzazione dell'intervento attraverso l'utilizzo della metodologia di cui alla norma UNI ISO 21500 relativa alle strutture analitiche di progetto, secondo la seguente articolazione:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- a) sistema delle esigenze e dei requisiti a base del progetto;
- b) elementi che compongono il progetto;
- c) elenco completo delle attività da svolgere ai fini della realizzazione dell'intervento;
- d) definizione delle tempistiche di ciascuna delle attività.

A tale modello di controllo e gestione del processo di realizzazione dell'intervento si richiede, oltre all'approccio tradizionale, anche l'utilizzo di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice, nonché di tecniche specifiche di gestione integrata dell'intervento come indicato nel Capitolato Informativo.

8.9 Elenco prezzi unitari, computo metrico estimativo e quadro economico

Il computo metrico estimativo è redatto applicando alle quantità delle lavorazioni da contabilizzare a misura i relativi prezzi unitari; tali prezzi unitari sono dedotti dall'elenco prezzi contrattuale formulato in sede d'offerta; le quantità totali delle singole lavorazioni sono ricavate da computi di quantità parziali, con indicazione puntuale dei corrispondenti elaborati grafici. Nel caso di lavorazioni da contabilizzare a corpo secondo la struttura indicata nel Progetto Definitivo, il computo metrico estimativo riporta soltanto il prezzo a corpo; al solo fine di pervenire alla determinazione di ciascun prezzo a corpo, è redatto un distinto elaborato, non facente parte del computo metrico estimativo, redatto con le stesse modalità del computo metrico estimativo, con riferimento alle sotto-lavorazioni che complessivamente concorrono alla formazione del prezzo a corpo.

Per eventuali voci mancanti rispetto elenco prezzi contrattuale, il relativo prezzo viene determinato mediante analisi:

- a) applicando alle quantità stimate di materiali, manodopera, noli e trasporti, necessari per la realizzazione delle quantità unitarie di ogni voce, i rispettivi prezzi elementari dedotti attraverso l'utilizzo, ove esistenti, dei prezzari predisposti dalle regioni e dalle province autonome territorialmente competenti, ovvero da listini ufficiali o dai listini delle locali camere di commercio, oppure, in difetto, dai prezzi correnti di mercato;
- b) aggiungendo una percentuale del 15 per cento per spese generali;
- c) aggiungendo, una percentuale del 10 per cento per utile dell'esecutore;
- d) all'analisi formulata come descritto nei punti precedenti, bisognerà applicare il ribasso offerto in fase di gara dall'Appaltatore.

Per spese generali comprese nel prezzo dei lavori e perciò a carico dell'appaltatore, si intendono:

- a) le spese di contratto e accessorie e l'imposta di registro;
- b) gli oneri finanziari generali e particolari, ivi comprese la cauzione definitiva o la garanzia globale di esecuzione, ove prevista, e le polizze assicurative;
- c) la quota delle spese di organizzazione e gestione tecnico-amministrativa di sede dell'appaltatore;
- d) la gestione amministrativa del personale di cantiere e la direzione tecnica di cantiere;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- e) le spese per l'impianto, la manutenzione, l'illuminazione e la dismissione finale del cantiere, ivi inclusi i costi per l'utilizzazione di aree diverse da quelle poste a disposizione dal committente; sono escluse le spese relative alla sicurezza nei cantieri stessi non assoggettate a ribasso;
- f) le spese per trasporto di qualsiasi materiale o mezzo d'opera franco cantiere;
- g) le spese per attrezzi e opere provvisorie e per quanto altro occorre alla completa e perfetta esecuzione dei lavori;
- h) le spese per rilievi, tracciati, verifiche, esplorazioni, capisaldi e simili che possono occorrere, anche su motivata richiesta del direttore dei lavori o del RUP o dell'organo di collaudo, dal giorno in cui viene effettuata la consegna dei lavori fino all'emissione del certificato di collaudo o all'emissione del certificato di regolare esecuzione;
- i) le spese per le vie di accesso al cantiere, l'installazione e l'esercizio delle attrezzature e dei mezzi d'opera di cantiere;
- j) le spese per idonei locali e per la necessaria attrezzatura da mettere a disposizione per l'ufficio di direzione lavori;
- k) le spese per passaggio, per occupazioni temporanee e per risarcimento di danni per abbattimento di piante, per depositi o estrazioni di materiali;
- l) le spese per la custodia e la buona conservazione delle opere fino all'emissione del certificato di collaudo o all'emissione del certificato di regolare esecuzione;
- m) le spese di adeguamento del cantiere, le misure per la gestione del rischio aziendale, nonché gli ulteriori oneri aziendali in osservanza del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, da indicarsi in attuazione delle previsioni di cui all'articolo 108, comma 9 del codice, ai fini di quanto previsto dall'articolo 110 del codice;
- n) gli oneri generali e particolari previsti dal capitolato speciale d'appalto.

L'elaborazione del computo metrico dell'intervento può essere effettuata anche attraverso programmi di gestione informatizzata, nel rispetto di quanto previsto dal presente paragrafo. Il programma utilizzato per la redazione del computo metrico estimativo deve essere preventivamente accettata dalla stazione appaltante o dall'ente concedente.

Le varie voci di lavoro del computo metrico estimativo vanno aggregate secondo le rispettive categorie di appartenenza, generali e specializzate, allo scopo di rilevare i rispettivi importi, in relazione ai quali individuare:

- a) la categoria prevalente;
- b) le categorie scorporabili;
- c) nell'ambito delle categorie di cui alla lettera b), le categorie di opere relative a lavori o componenti di notevole contenuto tecnologico o di rilevante complessità tecnica, quali strutture, impianti e opere speciali, individuate ai sensi dell'allegato II.12 al codice.

Poiché si ricorre a metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice, il piano di gestione informativa deve riportare la eventuale equivalenza tra i contenuti informativi presenti nel computo metrico dell'intervento e quelli eventualmente

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

presenti nei modelli informativi, oltre alla specifica relativa alle modalità di generazione da questi ultimi degli elaborati predetti, al fine di meglio governare la prevalenza contrattuale.

8.10 Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto

Fermo restando quanto previsto dalla normativa vigente, lo schema di contratto contiene, per quanto non disciplinato dal presente allegato, le clausole dirette a regolare il rapporto tra amministrazione e appaltatore, in relazione alle caratteristiche dell'intervento con particolare riferimento a:

- a) termini di esecuzione e penali;
- b) programma di esecuzione dei lavori;
- c) sospensioni o riprese dei lavori;
- d) oneri a carico dell'appaltatore;
- e) contabilizzazione dei lavori a misura e a corpo;
- f) liquidazione dei corrispettivi;
- g) controlli;
- h) specifiche modalità e termini di collaudo;
- i) modalità di soluzione delle controversie.

Allo schema di contratto è allegato il capitolato speciale d'appalto, che riguarda le prescrizioni tecniche da applicare all'oggetto del singolo contratto, nonché il computo metrico estimativo.

Il capitolato speciale d'appalto è diviso in due parti, l'una contenente la descrizione delle lavorazioni e l'altra la specificazione delle prescrizioni tecniche e delle prestazioni; esso illustra in dettaglio:

- a) nella prima parte tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica dell'oggetto dell'appalto, anche a integrazione degli aspetti non pienamente deducibili dagli elaborati grafici del progetto esecutivo;
- b) nella seconda parte le modalità di esecuzione e le norme di misurazione di ogni lavorazione, i requisiti di accettazione di materiali e componenti, le specifiche di prestazione e le modalità di prove nonché, ove necessario, in relazione alle caratteristiche dell'intervento, l'ordine da tenersi nello svolgimento di specifiche lavorazioni; nel caso in cui il progetto prevede l'impiego di componenti prefabbricati, ne sono precisate le caratteristiche principali, descrittive e prestazionali, la documentazione da presentare in ordine all'omologazione e all'esito di prove di laboratorio nonché le modalità di approvazione da parte del direttore dei lavori, sentito il progettista, per assicurarne la rispondenza alle scelte progettuali.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Nel caso di interventi complessi di cui all'articolo 2, comma 1, lettera d), dell'allegato I.1 al codice, il capitolato speciale d'appalto prevede, inoltre, un piano per i controlli di cantiere nel corso delle varie fasi dei lavori, al fine di una corretta realizzazione dell'opera e delle sue parti. In particolare, il piano dei controlli di cantiere definisce il programma delle verifiche comprendenti, ove necessario, anche quelle geodetiche, topografiche e fotogrammetriche, al fine di rilevare il livello prestazionale qualitativo e quantitativo dell'intervento.

Nel caso di interventi complessi di cui all'articolo 2, comma 1, lettera d), dell'allegato I.1 al codice, il capitolato contiene, altresì, l'obbligo per l'esecutore di redigere il piano di qualità di costruzione e di installazione, da sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori, che prevede, pianifica e programma le condizioni, sequenze, modalità, strumentazioni, mezzi d'opera e fasi delle attività di controllo da svolgersi nella fase esecutiva. Il piano definisce i criteri di valutazione dei materiali e dei prodotti installati e i criteri di valutazione e risoluzione di eventuali non conformità.

Per gli interventi il cui corrispettivo è previsto a corpo, ovvero per la parte a corpo di un intervento il cui corrispettivo è previsto a corpo e a misura, lo schema di contratto indica, per ogni gruppo di categorie ritenute omogenee, il relativo importo e la sua aliquota percentuale riferita all'ammontare complessivo dell'intervento. Tali importi e le correlate aliquote sono dedotti in sede di progetto esecutivo dal computo metrico estimativo. Al fine dei pagamenti in corso d'opera,

Per gli interventi il cui corrispettivo è previsto a misura, lo schema di contratto precisa l'importo di ciascuno dei gruppi di categorie ritenute omogenee, desumendolo dal computo metrico estimativo.

Per i lavori il cui corrispettivo è in parte a corpo e in parte a misura, la parte liquidabile a misura riguarda le lavorazioni per le quali in sede di progettazione risulta eccessivamente oneroso individuare in maniera certa e definita le rispettive quantità. Tali lavorazioni sono indicate nel provvedimento di approvazione della progettazione esecutiva con puntuale motivazione di carattere tecnico e con l'indicazione dell'importo sommario del loro valore presunto e della relativa incidenza sul valore complessivo assunto a base d'asta.

Il capitolato speciale d'appalto prescrive l'obbligo per l'esecutore di presentare, ai fini della sua approvazione da parte della stazione appaltante, prima dell'inizio dei lavori, un programma esecutivo dettagliato, anche indipendente dal cronoprogramma di cui all'articolo 30, nel quale sono riportate, per ogni lavorazione, le previsioni circa il periodo di esecuzione nonché l'ammontare presunto, parziale e progressivo, dell'avanzamento dei lavori alle scadenze contrattualmente stabilite per la liquidazione dei certificati di pagamento. È facoltà prescrivere, in sede di capitolato speciale d'appalto, eventuali scadenze differenziate di varie lavorazioni in relazione a determinate esigenze.

8.11 Piano particellare di esproprio

Il piano particellare degli espropri, degli asservimenti e delle interferenze con i servizi è redatto in base alle mappe catastali aggiornate, è accompagnato da apposita relazione esplicativa e comprende anche una specifica indicazione analitica delle espropriazioni e degli asservimenti necessari per gli attraversamenti e le deviazioni di strade e di corsi d'acqua e per le altre interferenze che richiedono espropriazioni. Il piano deve contenere l'indicazione delle coperture di bilancio per far fronte al pagamento delle indennità.

Sulle mappe catastali sono altresì indicate le eventuali zone di rispetto o da sottoporre a vincolo in relazione a specifiche normative o a esigenze connesse al tipo di intervento.

Il piano è corredato dell'elenco dei soggetti che in catasto risultano proprietari dell'immobile da espropriare o asservire ed è corredato dell'indicazione di tutti i dati catastali nonché delle superfici interessate.

Per ogni soggetto proprietario è inoltre indicata l'indennità di espropriazione determinata in base alle leggi e normative vigenti, previo apposito sopralluogo; la relazione di cui al comma 1 dà conto anche di eventuali ricorsi presentati al giudice amministrativo.

Se l'incarico di acquisire l'area su cui insiste l'intervento da realizzare è affidato a un soggetto cui sono attribuiti, per legge o per delega, poteri espropriativi ai sensi dell'articolo 6, comma 8, del testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità di cui al decreto del Presidente della Repubblica 8 giugno 2001, n. 327, questi ha diritto al rimborso di quanto corrisposto a titolo di indennizzo ai proprietari espropriati, nonché al pagamento delle spese legali sostenute se non sussistano ritardi o responsabilità a lui imputabili.

Nel caso si ricorra a metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni di cui all'articolo 43 del codice, il capitolato informativo e il piano di gestione informativa devono riportare la eventuale equivalenza tra i contenuti informativi presenti nel capitolato speciale di appalto e quelli eventualmente presenti nei modelli informativi, oltre alla specifica relativa alle modalità di generazione da questi ultimi degli elaborati predetti, al fine di meglio governare la prevalenza contrattuale.

L'Appaltatore dovrà altresì fornire supporto alla Stazione Appaltante per la definizione di tutti gli atti tecnici ed amministrativi connessi alle procedure espropriative (occupazione temporanea / servitù / esproprio) per l'acquisizione / restituzione delle aree interessate dai lavori, secondo i dettami del DPR 327/2001.

8.12 Accatastamento delle opere realizzate

Al termine dei lavori, l'Appaltatore, con il supporto del Gruppo di Lavoro della progettazione esecutiva, dovrà fornire alla Stazione Appaltante tutta l'assistenza necessaria per procedere all'accatastamento delle opere realizzate, redigendo le relative pratiche catastali.

8.13 Piano di monitoraggio ambientale

Sulla base dei criteri che hanno informato i precedenti livelli progettuali, l'Aggiudicatario dovrà sviluppare il progetto esecutivo di tutela ambientale definendo tutte le azioni e gli interventi da effettuare nei cantieri atti al rispetto degli adempimenti di legge in tema di Tutela Ambientale nel corso dei lavori.

Il progetto esecutivo dovrà individuare un sistema di gestione ambientale coerente con la norma ISO 14001, rispettare le prescrizioni di legge e quelle formulate in sede di iter autorizzativo ambientale da parte degli Enti competenti e dovrà, al minimo, provvedere:

- allo sviluppo del Sistema di gestione Ambientale del Cantiere (SGAC),
- allo sviluppo del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA).

Il Piano di Monitoraggio ambientale, relativo agli specifici fattori ambientali individuati in fase di progettazione definitiva (rumore, vibrazioni, atmosfera, acque superficiali e sotterranee e vegetazione), dovrà essere redatto da tecnici competenti abilitati nelle specifiche tematiche sottoforma di documento unitario e dovrà essere mantenuto costantemente aggiornato.

Le indicazioni in materia ambientale saranno integrate con quanto previsto negli specifici elaborati relativi alla cartella 16 (Studio di impatto ambientale).

Inoltre, dovranno essere individuati ed adeguatamente regolamentati i comportamenti in cantiere al fine di garantire un elevato profilo di sostenibilità dell'opera in costruzione.

Infine, dovranno essere recepite tutte le prescrizioni di carattere ambientale che sono state rilasciate in sede di approvazione del Progetto Definitivo da parte degli Enti competenti. Tali documenti sono contenuti nella Relazione di chiusura del procedimento PAUR.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla presenza di amianto nel terreno, le cui evidenze sono già state trovate in sede di progettazione definitiva.

Sarà altresì compito dell'Aggiudicatario predisporre il manuale di gestione ambientale dei cantieri.

8.14 Prescrizioni generali per la redazione dei documenti ed elaborati grafici

Tutti gli elaborati ed i documenti tecnici in genere dovranno contenere il logo del Committente come sarà previsto nelle Specifiche della Qualità e si dovrà uniformare alla procedura di codifica adottata nel progetto definitivo e contenuta nella relazione illustrativa e procedura di codifica (MTL2T1A0DZOOGENR001).

La numerazione degli elaborati dovrà seguire opportune considerazioni di qualità e potrà coesistere con quella in uso presso l'Aggiudicatario o essere adottata integralmente.

Lo schema del cartiglio dei documenti dovrà essere approvato dal Committente.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Tutti gli elaborati grafici dovranno essere redatti in standard formato A0 e dovranno essere forniti al Committente in forma cartacea.

Le copie cartacee degli elaborati grafici dovranno essere fornite piegate in formato A4 e raccolte con opportuno ordine in appositi contenitori.

Salvo diversa disposizione del Responsabile del Procedimento, ogni elaborato progettuale dovrà essere consegnato per un primo esame da parte del Committente in bozza di lavoro (con esplicito timbro) e solo dopo formale autorizzazione del Committente stesso potrà essere presentato in versione definitiva.

Gli elaborati e i documenti tecnici del Progetto nella stesura finale dovranno essere consegnati secondo le esigenze del Committente ed in almeno n° 12 copie firmate e timbrate in originale dal Progettista generale dell'opera e dai singoli Progettisti per le parti specialistiche del Progetto.

Tutta la documentazione su carta deve essere accompagnata dalla stessa su supporto informatico (in formato pdf ed editabile) compatibile con il software disponibile presso il Committente.

Dovranno altresì essere fornite n. 3 copie informatiche di tutti gli elaborati, con la firma digitale del Progettista Esecutivo, in formato p7m o formato equivalente da concordare con il RUP.

L'Aggiudicatario potrà sviluppare il progetto con i software che riterrà più opportuni ma sarà suo onere predisporre l'editing finale nei formati compatibili con il software del Committente.

A tal fine si precisa che il Committente dispone di:

AEC collection di Autodesk per gli elaborati grafici in genere;

Project vers. 2023 per programma lavori

Office 365 di cui: Word per trattamento testi

Excel generale per fogli e tabelle

Access database in particolare archivi elaborati e per computi.

Dovrà altresì essere assicurata la compatibilità informatica dei documenti redatti, in particolare elaborati grafici, con il Progettista del Detentore del Sistema, ciò al fine di garantire la comune lettura ed utilizzo dei documenti.

I files di tutti gli elaborati dovranno essere numerati secondo quanto indicato nel Piano Qualità.

Sono da prevedere trasmissioni parziali direttamente su linee telematiche (internet, ecc.) fermo restando che la documentazione ufficiale sarà trasmessa/condivisa su Acdat predisposto.

Non è in alcun modo ammessa la consegna solamente su supporto informatico di qualsivoglia elaborato e relativamente a qualsiasi "Emissione e/o Revisione" al Committente.

Di alcuni elaborati (ad esempio disegni strutturali e relazioni di calcolo, etc.) dovranno essere fornite nella loro emissione finale (firmate e timbrate in originale), le ulteriori copie necessarie all'espletamento delle pratiche di legge, quali ad esempio, ma non solo, gli obblighi relativi alla

92 di 310

Denuncia dei Lavori di costruzione in zona sismica (ai sensi dell'art. 93 del D.P.R. 6 Giugno 2001 n° 380 e successive integrazioni) etc.

I costi degli elaborati e della documentazione informatica sono a totale carico dell'Aggiudicatario e compresi nei prezzi contrattuali.

9. TRACCIATO

9.1 Definizioni

Significato dei termini relativi al tracciato:

- **Velocità di progetto di una tratta:** la velocità massima alla quale i treni possono percorrere la tratta.
- **Velocità di progetto di una CURVA:** la velocità massima alla quale i treni possono percorrere una curva.
- **Tracciato orizzontale:** tracciato planimetrico dell'asse del binario.
- **Tracciato verticale:** profilo longitudinale del binario.
- **Sopraelevazione di equilibrio:** la sopraelevazione per cui l'accelerazione centrifuga risulta esattamente compensata.
- **Sopraelevazione applicata:** la differenza di quota fra le rotaie di uno stesso binario, generalmente applicata alle curve circolari ed alle curve di transizione.
- **Difetto di sopraelevazione:** la differenza tra la sopraelevazione di equilibrio e quella applicata: il difetto di sopraelevazione dà luogo alla "Accelerazione centrifuga non compensata".
- **Curva circolare:** una curva con raggio costante.
- **Curva di transizione:** raccordi clotodoidici oppure parabole cubiche.
- **Curva policentrica:** costituita da più curve consecutive aventi raggi differenti, generalmente collegate tramite un raccordo.
- **Pendenza:** pendenza del tracciato sul piano verticale misurata in mm/m, o ‰.
- **Pendenza compensata:** la pendenza in prossimità di una curva orizzontale di raggio limitato che è stata ridotta per limitare la resistenza e per ridurre lo sforzo di trazione necessario dovuto alla curvatura.
- **Accelerazione verticale:** il tasso ammissibile di variazione di velocità verticale.

9.2 Criteri di progettazione e caratteristiche geometriche

Sulla base delle indicazioni derivanti dalla precedente fase di progettazione PFTE, il tracciato plano-alimetrico è stato sostanzialmente confermato, nella tratta funzionale "Politecnico-Rebaudengo". Dal punto di vista planimetrico, per il tratto di linea, la cui galleria sarà realizzata con metodo meccanizzato (TBM) si è cercato di utilizzare raggi di curvatura non inferiori a 250 m per le seguenti ragioni:

- possibilità di utilizzare senza inconvenienti macchine TBM per la realizzazione delle gallerie di linea a foro cieco;
- opportunità di limitare al massimo, in caso di adozione di un sistema su ferro, il consumo delle rotaie ed in particolare la loro usura ondulatoria;
- opportunità di mantenere anche in curva la massima velocità del rotabile, assunta pari ad 80 km/h.

In alcuni tratti di tracciato (la cui galleria non è realizzata in TBM), per soddisfare le esigenze di inserimento urbanistico dell'infrastruttura metropolitana, è stato necessario ridurre il raggio di curvatura fino a 200m e conseguentemente la velocità di progetto è stata assunta pari a 60km/h; in questi tratti, il tracciato si sviluppa in galleria artificiale realizzata con il metodo cut&cover o con metodo di scavo tradizionale.

Per quanto riguarda le pendenze altimetriche si è ritenuto opportuno, finché non sarà stata definita la scelta di sistema e del tipo di materiale rotabile su ferro o su gomma, adottare cautelativamente la pendenza massima prevista per il sistema su ferro pari al 4 %.

Nel complesso, quindi, il tracciato è stato progettato, in conformità con le esigenze del Committente, in modo tale da essere compatibile con le varie tipologie di rotabili attualmente in commercio.

Le caratteristiche geometriche del tracciato potranno essere adeguate al Sistema individuato per la linea 2.

9.3 Caratteristiche minime

Le caratteristiche minime utilizzate per la definizione del progetto geometrico del tracciato, come illustrato in precedenza, si basano sull' "involuppo" progettuale delle soluzioni tecnologiche e del materiale rotabile, anche in relazione alle due diverse tecnologie che potrebbero essere impiegate (ferro o gomma). Come caratteristiche minime, pertanto, si è tenuto conto di quelle più restrittive relative alla tecnologia su ferro, riportate di seguito.

- | | |
|---|--------|
| • Pendenza longitudinale massima ammissibile: | 4% |
| • Pendenza in punti singolari (p.es. diramazioni, etc.): | <4% |
| – Minimo raggio di curvatura per raccordi verticali in linea | m 1800 |
| – Minimo raggio di curvatura per raccordi verticali in deposito | m 3000 |

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- Minimo raggio di curvatura planimetrico
 - in linea galleria artificiale m 200
 - in linea galleria policentrica m 200
 - in linea galleria monocentrica (TBM) m 250
- Sopraelevazione massima in curva 150 mm
- Sopraelevazione massima applicata in curva 150 mm
- Accelerazione non compensata max. (a_{nc}) 0.995 m/sec²
- Contraccolpo trasversale max 0.40 m/sec³
- Variazione della sopraelevazione trasversale max. (V_s) 59.00 mm/sec
- Sghembo: 2.973 mm/m

Per maggiori dettagli sul tracciato, si rimanda infine agli elaborati grafici del progetto contenuti nella Cartella 5.

Al fine di agevolare l'applicazione di metodi e strumenti digitali si richiede la modellazione tridimensionale del tracciato con software BIM oriented.

10. CRITERI GENERALI E LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE

10.1 Requisiti delle opere strutturali

In conformità al §2.2 del DM 17 gennaio 2018, le strutture dovranno soddisfare i requisiti strutturali di seguito elencati.

10.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

I principali Stati limite Ultimi sono:

- a. perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- b. spostamenti o deformazioni eccessive;
- c. raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d. raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- e. raggiungimento di una condizione di cinematismo irreversibile;
- f. raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- g. rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- h. rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- i. instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

10.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

I principali Stati Limite di Esercizio sono elencati nel seguito:

- a. danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b. spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c. spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d. vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e. danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- f. corrosione e/o degrado dei materiali in funzione del tempo e dell'ambiente di esposizione che possano compromettere la durabilità.

Altri stati limite sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD).

10.1.3 Sicurezza antincendio

Quando necessario, i rischi derivanti dagli incendi devono essere limitati progettando e realizzando le costruzioni in modo tale da garantire la resistenza e la stabilità degli elementi portanti, nonché da limitare la propagazione del fuoco e dei fumi. La resistenza al fuoco è il tempo durante il quale la struttura può resistere al fuoco. Per le strutture principali il valore di resistenza al fuoco è riportato sotto:

- Stazioni: 120 minuti
- Gallerie: 120 minuti
- Pozzi, manufatti lungo linea: 120 minuti

10.1.4 Durabilità

Un adeguato livello di durabilità può essere garantito progettando la costruzione, e la specifica manutenzione, in modo tale che il degrado della struttura, che si dovesse verificare durante la sua vita nominale di progetto, non riduca le prestazioni della costruzione al di sotto del livello previsto.

Tale requisito può essere soddisfatto attraverso l'adozione di appropriati provvedimenti stabiliti tenendo conto delle previste condizioni ambientali e di manutenzione ed in base alle peculiarità del singolo progetto, tra cui:

- a) scelta opportuna dei materiali;
- b) dimensionamento opportuno delle strutture;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- c) scelta opportuna dei dettagli costruttivi;
- d) adozione di tipologie costruttive e strutturali che consentano, ove possibile, l'ispezionabilità delle parti strutturali;
- e) pianificazione di misure di protezione e manutenzione; oppure, quando queste non siano previste o possibili, progettazione rivolta a garantire che il deterioramento della costruzione o dei materiali che la compongono non ne causi il collasso;
- f) impiego di prodotti e componenti chiaramente identificati in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche, indispensabili alla valutazione della sicurezza, e dotati di idonea qualificazione, così come specificato al Capitolo 11 delle NTC2018;
- g) applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi dei materiali, soprattutto nei punti non più visibili o difficilmente ispezionabili ad opera completata;
- h) adozione di sistemi di controllo, passivi o attivi, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.

Le condizioni ambientali devono essere identificate in fase di progetto in modo da valutarne la rilevanza nei confronti della durabilità.

10.1.5 Robustezza

Un adeguato livello di robustezza, in relazione all'uso previsto della costruzione ed alle conseguenze di un suo eventuale collasso, può essere garantito facendo ricorso ad una o più tra le seguenti strategie di progettazione:

- a) progettazione della struttura in grado di resistere ad azioni eccezionali di carattere convenzionale, combinando valori nominali delle azioni eccezionali alle altre azioni esplicite di progetto;
- b) prevenzione degli effetti indotti dalle azioni eccezionali alle quali la struttura può essere soggetta o riduzione della loro intensità;
- c) adozione di una forma e tipologia strutturale poco sensibile alle azioni eccezionali considerate;
- d) adozione di una forma e tipologia strutturale tale da tollerare il danneggiamento localizzato causato da un'azione di carattere eccezionale;
- e) realizzazione di strutture quanto più ridondanti, resistenti e/o duttili è possibile;
- f) adozione di sistemi di controllo, passivi o attivi, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.

10.1.6 Verifiche

Le opere strutturali devono essere verificate, salvo diversa indicazione riportata nelle specifiche parti delle NTC 2018:

- a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi;
- b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese;
- c) quando necessario, nei confronti degli effetti derivanti dalle azioni termiche connesse con lo sviluppo di un incendio.

Le verifiche delle opere strutturali devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta in base a specifiche indagini. Laddove necessario, la struttura

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

deve essere verificata nelle fasi intermedie, tenuto conto del processo costruttivo previsto; le verifiche per queste situazioni transitorie sono generalmente condotte nei confronti dei soli stati limite ultimi.

Le verifiche saranno condotte considerando l'involuppo delle sollecitazioni massime ottenute dai modelli di calcolo.

10.1.7 Valutazione della sicurezza

Nel seguito sono riportati i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello. Per opere di particolare importanza si possono adottare metodi di livello superiore, tratti da documentazione tecnica di comprovata validità di cui al Capitolo 12 delle NTC 2018.

Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono (X_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate (a_d), con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni (F_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate. La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Il valore di progetto della resistenza di un dato materiale X_d è, a sua volta, funzione del valore caratteristico della resistenza, definito come frattile 5 % della distribuzione statistica della grandezza, attraverso l'espressione: $X_d = X_k/\gamma_M$, essendo γ_M il fattore parziale associato alla resistenza del materiale.

Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , inteso come frattile 95% della distribuzione statistica o come valore caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno, attraverso l'espressione: $F_d = \gamma_F F_k$ essendo γ_F il fattore parziale relativo alle azioni. Nel caso di concomitanza di più azioni variabili di origine diversa si definisce un valore di combinazione $\psi_0 F_k$, ove $\psi_0 \leq 1$ è un opportuno coefficiente di combinazione, che tiene conto della ridotta probabilità che più azioni di diversa origine si realizzino simultaneamente con il loro valore caratteristico.

Per grandezze caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10, oppure per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare i valori nominali, coincidenti con i valori medi.

I valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici dei materiali sono definiti nel Capitolo 11 delle NTC 2018. Per la sicurezza delle opere e dei sistemi geotecnici, i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici dei terreni sono definiti nel § 6.2.2 della NTC 2018. La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (Cd), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (Ed), attraverso la seguente espressione formale:

$$Cd \geq Ed$$

10.2 Vita nominale di progetto, classi d'uso e periodo di riferimento

10.2.1 Vita nominale di progetto

La vita Nominale di Progetto VN di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tabella sotto.

Tabella 1. Valori minimi della Vita Nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzione

TIPO DI COSTRUZIONI		VALORI MINIMI V _N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso in oggetto si assume una Vita Nominale pari a 100 anni.

10.3 Classi d'uso

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso come sotto definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti nella Classe d'uso III o in classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provoca conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significanti. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provoca situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

pericolose per l'ambiente. Reti viarie di Tipo A o B, di cui al DM 05/11/2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quanto appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel caso in esame si fa riferimento alla classe d'uso III (*costruzioni che prevedono affollamenti significativi*) cui è associato un coefficiente pari a **1,5**.

10.3.1 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulle costruzioni sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si determina, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale di progetto VN per il coefficiente CU:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente CU è definito al variare della classe d'uso CN.

Tabella 2. Valori del Coefficiente d'uso CU

CLASSE D'USO CN	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante, la normativa permette di adottare valori di CU anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità del raggiungimento degli stati limiti.

Per le opere in esame, il valore di VR sarà pari a 150 anni.

10.4 Impermeabilizzazioni

10.4.1 Impermeabilizzazioni per parti d'opera sottofalda

Le strutture sottofalda saranno adeguatamente impermeabilizzate mediante un sistema denominato "Sistema Vacuum", previa regolarizzazione del supporto con geotessile tessuto non tessuto. Tale sistema è costituito da un doppio strato di manti in PVC sovrapposti, diviso in settori (comparti) ed è quindi collaudabile e iniettabile. Infatti, l'obiettivo di tale sistema è di creare un'intercapedine compartimentata attraverso la quale è possibile agire con prove di collaudo della tenuta stagna del pacchetto stesso durante le varie fasi di lavorazione; in caso di lesioni al pacchetto impermeabile, l'iniezione di apposite resine nell'intercapedine stessa fino a completa saturazione permetterà il ripristino del sistema. Tale soluzione tecnica permette inoltre di intervenire anche durante la vita dell'opera per riparare eventuali d'infiltrazioni d'acqua dovute al danneggiamento del pacchetto impermeabile senza dover ricorrere a demolizioni.

10.4.2 Impermeabilizzazioni per parti d'opera fuori falda

In questo caso si adotteranno sistemi costituiti da guaine impermeabili e relativi sistemi accoppiati di geotessile non tessuto.

10.4.3 Membrane elastomero-bituminose (per le solette di copertura)

Solo per le coperture di manufatti interrati a cielo aperto, è previsto l'impiego di un manto impermeabile costituito da un elemento di tenuta realizzato con due membrane prefabbricate, elasto - plastomeriche a base di bitume distillato, selezionato e modificato con un alto tenore di polimeri nobili elastomerici e plastomerici di qualità costantemente controllata che conferiscono al prodotto un'eccezionale resistenza all'invecchiamento. Entrambe le membrane saranno armate con un tessuto non tessuto di poliestere.

10.5 Carichi e combinazione dei carichi

Al fine di massimizzare le azioni sollecitanti per la definizione dei carichi (permanenti, accidentali, ecc.) per le relative combinazioni (Stati Limite Ultimi, Stati limiti di Esercizio, Stati limiti di Danno, etc.) saranno prese in considerazione tutte le prescrizioni del citato DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" (GU n.42 del 20/02/2018).

10.6 Caratterizzazione sismica dell'area

La caratterizzazione sismica prevede:

- la definizione dell'accelerazione sismica di riferimento su substrato rigido di base;
- l'individuazione della classe di sottosuolo, per la valutazione dell'amplificazione stratigrafica;
- l'individuazione di un valore di riferimento per la magnitudo massima attesa.

10.6.1 Valutazione dell'azione sismica di base

La valutazione dell'azione sismica per il dimensionamento degli elementi delle infrastrutture, si basa sulla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui la pericolosità è quantificata dall'accelerazione di picco (normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità), a_g/g , in condizioni ideali di sottosuolo rigido e superficie orizzontale, associata a diverse probabilità di superamento in 50 anni. I valori di a_g/g sono dati su una griglia di punti equi-spaziati di 10km. Sulla stessa griglia sono dati anche in valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico su substrato rigido (Cfr. §3.2 "azione sismica" delle NTC 2018 che, per i valori di a_g , F_o , T^*_c necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si rimanda agli allegati A e B delle NTC 2008), per le probabilità di superamento associate agli stati limite di verifica previsti dalla normativa di riferimento.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La normativa delinea il processo di individuazione dell'azione sismica di progetto che prevede:

- la definizione della vita utile dell'opera, V_R , sulla base della correlazione tra vita nominale V_N e classe d'uso C_U : $V_R = V_N \times C_U$
- la stima del periodo di ritorno, T_R , sulla base delle probabilità di superamento, P_{VR} , associata agli stati limite di verifica, secondo la formula: $T_R = V_R / \ln(1 - P_{RV})$
- la stima dei valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico su suolo rigido (parametri d'azione) in funzione di T_R .

I parametri d'azione sono:

- a_g/g , accelerazione massima normalizzata, su sito di riferimento rigido orizzontale;
- F_0 , moltiplicatore di a_g/g che quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2
- T^*_C , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido.
- Gli stati limite di verifica previsti dalla NTC2018 sono elencati di seguito, con le corrispondenti probabilità di superamento in 50 anni:
 - Stato limite ultimo di collasso, SLC, $P_{RV} = 5\%$;
 - Stato limite ultimo di vulnerabilità, SLV, $P_{RV} = 10\%$;
 - Stato limite di esercizio, di danno, SLD, $P_{RV} = 63\%$;
 - Stato limite di esercizio, di operatività, SLO, $P_{RV} = 81\%$.

10.6.2 Fattore di amplificazione dello spettro di risposta elastico

In coerenza con le prescrizioni normative, l'accelerazione orizzontale massima in superficie, a_{max}/g , si ottiene moltiplicando l'accelerazione massima di base, a_g/g , per un fattore di amplificazione stratigrafica, S_S , ed uno di amplificazione topografica, S_T :

$$a_{max} / g = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g$$

Il fattore di amplificazione stratigrafica dipende dalla classe di sottosuolo definita sulla base di indagini specifiche per la valutazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S , nel sottosuolo di sedime delle singole opere, e si calcola secondo la formulazione riportata nella normativa di riferimento (paragrafo 3.2.3.2.1, Tabella 3.2.IV), in funzione dei parametri spettrali F_0 ed a_g/g .

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

La classe di sottosuolo modifica anche il valore del periodo T_C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione, attraverso il coefficiente C_C secondo la formulazione riportata in norma (paragrafo 3.2.3.2.1, Tabella 3.2.IV).

Nel caso specifico, l'andamento altimetrico dell'area attraversata dall'infrastruttura di progetto, prevalentemente pianeggiante, con rilievi di pendenza minore di 15° , giustifica l'assunzione di una categoria topografica T1, a cui corrisponde $S_T = 1$ (Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V).

10.6.3 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

10.7 Azioni sismiche di progetto

Le azioni sismiche saranno determinate per ogni sito nel quale saranno ubicate le opere progettuali in funzione delle coordinate di riferimento per l'individuazione dei valori caratteristici dello spettro di risposta su substrato rigido di base (Tabella 1, Allegato B, NTC2008).

10.7.1 Valore di riferimento per la magnitudo di progetto

Nella fase iniziale della Progettazione, in funzione della localizzazione dell'opera da progettare, il Progettista dovrà specificare, prendendo anche in considerazione gli input del Progetto definitivo, i seguenti dati per la determinazione del valore di riferimento per la magnitudo di progetto:

- identificazione dell'area di intervento e magnitudo M del massimo terremoto registrato e identificato sulla base dei terremoti più intensi avvenuti nell'area;
- considerazioni derivanti dagli studi geologici, geomorfologici dell'area oggetto di intervento.

10.7.2 Analisi sismica

Nel caso di strutture interrato realizzate con metodo di scavo "Cut&Cover", assimilando l'opera come una struttura scatolare non in grado di spostarsi, le spinte delle terre sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni l'incremento dinamico di spinta del terreno è calcolato secondo la teoria di (WOOD 1973) descritto nel § 11.4.5.

10.8 Verifica al galleggiamento

10.8.1 Ipotesi alla base delle verifiche

Per la verifica al galleggiamento delle strutture in c.a. sottofalda, saranno considerate le seguenti configurazioni:

- Verifica di breve termine: dove il livello della falda considerato è pari al livello indicato sul profilo + 1.5m
- Verifica di lungo termine: dove il livello della falda considerato è pari al livello indicato nella verifica a breve termine + 3.0m

Eventuali ulteriori indicazioni saranno definite in funzione delle risultanze delle oscillazioni stagionali della falda, osservate nel corso della campagna geognostica e di monitoraggio della falda.

In entrambe le configurazioni, le verifiche saranno eseguite confrontando il valore di progetto della forza destabilizzante con il valore della sommatoria di tutte le azioni permanenti stabilizzanti, rispetto al quale dovrà risultare inferiore o al massimo uguale.

$$V_{dst,d} \leq G_{stb;d}$$

L'azione sfavorevole destabilizzante è la pressione dell'acqua sotto la piastra di fondazione e sotto la punta delle pareti del diaframma.

Le azioni permanenti favorevoli alla stabilizzazione sono:

- Peso proprio delle strutture e parziale ritombamento finale sulla soletta di copertura (W). Viceversa, il peso proprio delle apparecchiature all'interno della stazione (come ad esempio scale mobili, trasformatori, ventilatori, ecc..) non deve essere considerato come carico stabilizzante nel calcolo.

Nel caso in cui la disuguaglianza sopra descritta non fosse verificata, sarà necessario prevedere:

- In condizioni di breve termine: la realizzazione di un tappo di fondo;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- In condizioni di lungo termine: la realizzazione di elementi (ad esempio tiranti applicati alla soletta di fondo) in grado, con la loro azione di contrasto alle azioni destabilizzanti, di soddisfare la disuguaglianza di cui sopra.

L'effetto complessivo di questi elementi sarà valutato considerando opportuni coefficienti di sicurezza come definito nella normativa vigente, di cui al paragrafo 6.2.4.1.1 delle NTC 2018:

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

10.8.1.1 Verifica a breve termine

Nella configurazione di breve termine dovrà essere garantita la stabilità del fondo scavo con adeguati fattori di sicurezza prescritti dalla normativa. Se il terreno naturale a fondo scavo dovesse essere costituito da unità non coesive, e/o non avesse le caratteristiche geotecniche tali da evitare la rottura del fondo scavo, sarà necessario prevedere la realizzazione di un tappo di fondo, eseguito mediante interventi di consolidamento/impermeabilizzazione, quali Jet-Grouting o iniezioni, al fine di evitare venute d'acqua eccessive dal fondo scavo (con conseguenti pericolosi abbassamenti della falda nell'intorno dello scavo) e per evitare rischi di sifonamento del fondo scavo.

I tamponi di fondo sono opere provvisorie di impermeabilizzazione del fondo degli scavi, realizzati mediante la tecnologia del Jet Grouting che consente la realizzazione di uno strato di terreno consolidato ed impermeabilizzato prima dell'esecuzione dello scavo vero e proprio. Il problema di progetto da risolvere per tale applicazione è duplice, sia di tipo idraulico, garantendo attraverso un'adeguata compenetrazione delle colonne di jet, l'impermeabilità dello scavo (o in subordine ridurre le portate filtranti a valori gestibili in cantiere), sia di tipo strutturale, garantendo un adeguato margine di sicurezza nei confronti di uno stato limite di galleggiamento, resistendo quindi alla sottospinta idraulica dell'acqua.

Mentre l'impermeabilità del terreno dipende dalla tecnologia adottata e dalla geometria e compenetrazione delle colonne, la verifica al galleggiamento, affinché possa ritenersi soddisfatta, deve risultare soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq G_d + R_d$$

Con V_d azione in stabilizzante di progetto (sottospinta), G_d contributo stabilizzante per peso proprio e R_d contributo stabilizzante dovuto agli sforzi di taglio all'interfaccia tra il tampone e la struttura di sostegno. Ove le espressioni dei suddetti parametri sono le seguenti:

$$V_d = \gamma_w (h_w + h_p) A_p$$

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

$$G_d = (\gamma_s h_s + \gamma_{jg} h_{jg}) A_p$$

$$R_d = 2 (B + L) \int_{h_{exc}}^{h_{exc} + h_p} \tau dz$$

Nelle quali i parametri hanno il significato indicato nello schema geometrico dell'intervento riportato nella figura seguente:

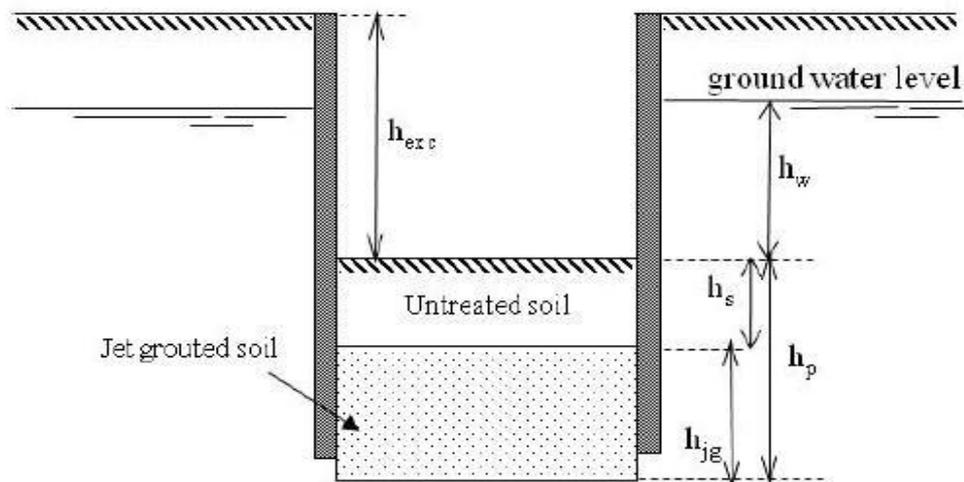


Figura 2. Schema geometrico

L'azione sfavorevole destabilizzante è rappresentata dalla pressione dell'acqua sotto lo strato di terreno consolidato. Le azioni permanenti, favorevoli alla stabilizzazione, sono il peso proprio del tappo di fondo e delle forze d'attrito che si sviluppano nell'interfaccia suolo-struttura di sostegno temporanea.

Per tenere in conto della riduzione di resistenza all'interfaccia, l'angolo di attrito verrà considerato pari alla metà del rispettivo valore assunto per il terreno consolidato con il quale si trova a contatto. Per garantire opportuni margini di sicurezza, inoltre, l'angolo di attrito e la coesione del terreno consolidato dovranno essere ulteriormente ridotti in accordo con la normativa vigente, di cui al paragrafo 6.2.4.1.2 (M2).

$$c'_{jg-int,d} = \frac{c'_{jg-int,k}}{1.25}$$

$$\tan \phi'_{jg-int,d} = \frac{\tan \phi'_{jg-int,k}}{1.25} \rightarrow \phi'_{jg-int,d}$$

A favore di sicurezza, la tensione orizzontale (perpendicolare alla paratia) può essere valutata assumendo il coefficiente di spinta in quiete:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

$$\sigma'_n = K_0 \cdot \sigma'_v$$

Il valore di K_0 è stato valutato in accordo con la formula di Jaky ($K_0 = 1 - \sin\phi'$). La tensione verticale efficace è assunta uguale a quella totale (assunzione di tampone asciutto) con andamento lineare e crescente con la profondità. Data la distribuzione triangolare, il valore medio della tensione è quello calcolato a metà dello spessore del tampone.

$$\sigma'_n = \frac{\gamma \cdot L}{2} \cdot K_0$$

L'effetto complessivo di questi elementi sarà valutato considerando opportuni coefficienti di sicurezza, di cui al paragrafo 6.2.4.2 delle NTC 2018 riepilogati nella tabella seguente:

Tabella 3. Coefficienti amplificativi dei carichi secondo NTC 2018

	Effetto	Coefficiente parziale	Sollevamento (UPL)	A1
Carichi permanenti	Favorevole	Y_{G1}	0.9	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3
Carichi permanenti	Favorevole	Y_{G2}	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5
Azioni variabili Q	Favorevole	Y_{Qi}	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5

Per la verifica al galleggiamento del tampone di fondo, viene considerata la seguente configurazione:

- Verifica di breve termine: dove il livello della falda considerato è pari al livello indicato sul profilo + 1.5m;

Per garantire adeguati margini di sicurezza durante la realizzazione delle stazioni in condizioni id breve termine, ulteriori verifiche di stabilità verranno eseguite in accordo con i seguenti meccanismi di collasso (Modoni et al., 2016):

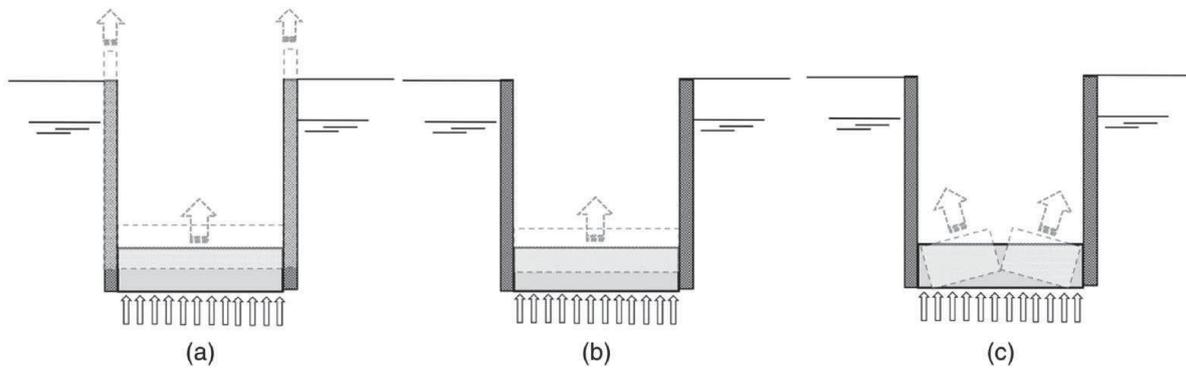


Figura 3. Possibili meccanismi di collasso: a) sollevamento del tampone di fondo e delle opere di sostegno; b) sollevamento del tampone di fondo; c) rottura del tampone di fondo.

Con riferimento agli schemi riportati nella figura precedente, verranno dunque eseguite due verifiche al sollevamento (a-b) e una relativa alla rottura del tampone (c) una volta raggiunto il fondo scavo.

La pressione dell'acqua valutata alla base del tampone rappresenta, per tutti i meccanismi sopra riportati, l'unico carico destabilizzante.

Considerare l'attrito porta ad effettuare ulteriori considerazioni in merito alla resistenza del tappo di fondo. Infatti, il tampone può essere schematizzato – nella peggiore delle ipotesi – come una trave semplicemente appoggiata alle due estremità, soggetta al carico idraulico alla base. La rottura del tampone di fondo è stata valutata in accordo con Modoni et al. (2016), imponendo l'equilibrio alla rotazione:

$$V_{Dst,d} = \gamma_{G1} \gamma_w (h_w + h_p) \frac{B^2}{8}$$

$$G_{Dst,d} = \gamma_{G1} [\gamma_{soil} (h_p + h_{jg}) + \gamma_{jg} h_{jg}] \frac{B^2}{8}$$

Assumendo il meccanismo di rottura riportato nella figura seguente, il contributo resistente dato dal tappo di fondo può essere calcolato come segue:

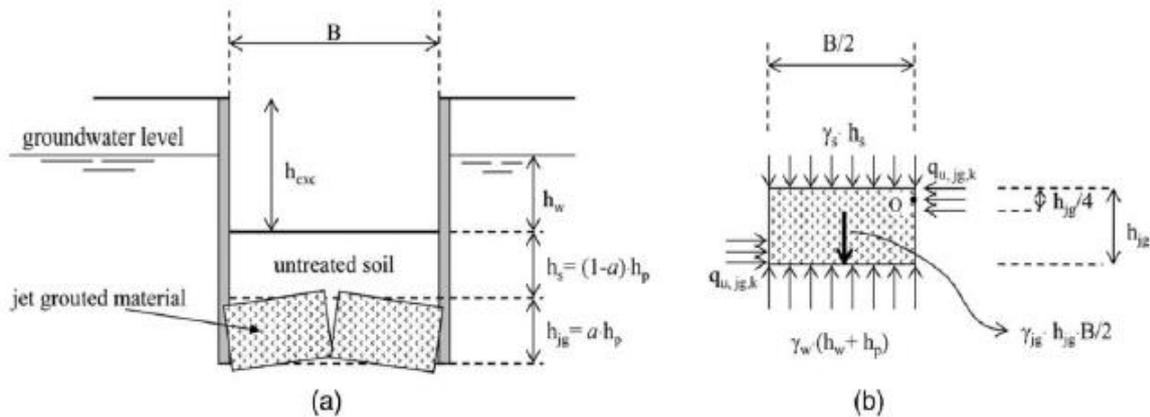


Figura 4. Meccanismo di rottura del tappo di fondo

$$R_d = \frac{3}{16} \cdot q_{u,jg,d} \cdot h_{jg}^2$$

dove $q_{u,jg,d}$ rappresenta la resistenza a compressione uniaassiale di progetto del jet-grouting:

$$q_{u,jg,d} = \frac{q_{u,jg,k}}{1.25} \rightarrow q_{u,jg,k} = 2 \cdot c_{jg,k} \sqrt{\frac{1 + \sin \phi_{jg,k}}{1 - \sin \phi_{jg,k}}}$$

Dove $c_{jg,k}$ e $\phi_{jg,k}$ rappresentano i parametri di resistenza caratteristici del jet grouting. Per questa verifica il tampone di fondo viene trattato come una componente strutturale e pertanto, in accordo con le NTC 2018 verranno utilizzati i coefficienti parziali (γ_{G1}) della colonna A1 (Tab. 2.6.I delle NTC 2018).

10.8.1.2 Verifiche a lungo termine

Le verifiche a galleggiamento a lungo termine delle opere in sotterraneo da realizzare in presenza di falda dovranno essere sviluppate sulla base delle ipotesi sopra menzionate ed integrate con le seguenti:

- a. i carichi permanenti strutturali saranno considerati interamente.
- b. Il peso delle solette intermedie sarà calcolato considerando una percentuale di vuoti pari al 30%.
- c. I carichi permanenti portati saranno stati stimati nel 10% dei carichi permanenti strutturali.
- d. Il rinterro sarà stato considerato tenendo in conto di una possibile riduzione dello stesso, anche temporanea, di 1.0m considerando cautelativamente un peso dell'unità di volume pari a 18kPa.
- e. Il livello di falda in fase di costruzione sarà considerato come un carico permanente e quindi amplificato del fattore $\gamma_{G1} = 1.1$

La differenza (=3m) fra il livello di falda a lungo termine e quello a breve termine è stato considerato come un carico variabile e quindi amplificato del fattore $\gamma_{Q1} = 1.5$.

11. STRUTTURE CUT & COVER

11.1 Introduzione

Le strutture sotterranee quali stazioni, pozzi, gallerie artificiali o altre strutture (manufatto di bivio, ecc...) caratterizzate da coperture ridotte (non maggiori di 2,5m) saranno realizzate secondo la metodologia costruttiva denominata *CUT & COVER* (C&C) che risulta essere tipica per questo tipo di strutture anche in ambiente urbano.

Spesso il contesto nel quale queste strutture sono ubicate presenta condizioni geologiche / geotecniche (alternanza di diverse unità geotecniche) con presenza prevalentemente della falda acquifera. Alla luce di ciò, durante la fase di progettazione, sarà necessario definire in modo appropriato il tipo di struttura di sostegno degli scavi (sia in fase transitoria che definitiva).

11.2 Metodologia "Bottom – up"

Questa metodologia costruttiva prevede l'esecuzione delle opere di contenimento degli scavi (ad esempio diaframmi) e il successivo scavo dell'opera prevedendo appositi contrasti temporanei delle opere di contenimento (puntoni metallici e/o tiranti).

In seguito, le strutture interne (fodere, solette, scale, elementi strutturali) sono realizzate dal "basso verso l'altro" alla fine dei lavori di scavo.

Le principali soluzioni tecniche percorribili per la realizzazione delle opere di contenimento degli scavi possono essere:

- **Micropali** nel caso di altezze di scavo limitate (ad esempio accessi delle stazioni, o ventilazioni delle medesime) quando le strutture si sviluppano sopra il livello della falda. Se necessario con l'uso di supporti temporanei quali puntoni metallici e/o tiranti.
- **Pali** con interasse maggiore del diametro degli stessi (in assenza di falda), pali tangenti o pali secanti nel caso di scavi con profondità maggiori anche in presenza di falda per i pali tangenti e secanti. Se necessario con l'uso di supporti temporanei quali puntoni metallici e/o tiranti).
- **Diaframmi** con l'uso di supporti temporanei (puntoni metallici e/o tiranti).

Naturalmente la scelta delle tre possibili soluzioni tecniche è vincolata anche (e soprattutto) alle condizioni geologico / geotecniche oltre che, come accennato, alla presenza della falda.

11.3 Metodologia "Top - down"

In alternativa, anche al fine di ridurre al minimo gli impatti in superficie e sulle preesistenze, è possibile optare per la metodologia "top – down". In questo caso, la sequenza costruttiva ha inizio con l'esecuzione delle opere di contenimento degli scavi e in seguito con la realizzazione della soletta di copertura che agirà da elemento di contrasto (in fase provvisoria e definitiva) in testa alle opere di contenimento. Nelle successive fasi, si procederà allo scavo interno al corpo

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

stazione/pozzo/galleria artificiale fino ai livelli intermedi degli altri orizzontamenti che saranno realizzati e, quindi, anche loro rappresenteranno dei contrasti sia nella fase provvisoria sia nella fase definitiva.

Questa sequenza di lavoro continuerà verso il basso fino al raggiungimento della quota di fondo scavo e di imposta della soletta di fondo che anch'essa costituirà un elemento di contrasto sia nella fase di costruzione che definitiva.

In questo modo, l'uso di elementi di contrasto provvisori (puntoni metallici) sarà ridotto al minimo avendo potuto utilizzare le strutture definitive degli orizzontamenti come elementi di contrasto della spinta delle terre.

I principali vantaggi del metodo "top – down" sono:

- Lo scavo è realizzato sotto la copertura, di conseguenza è possibile ridurre l'area del cantiere necessaria per l'esecuzione dei lavori (come parziale area di cantiere si può utilizzare l'area della copertura stessa della stazione al netto dell'asola/e presenti nella soletta di copertura) e, di conseguenza, è possibile ridurre le deviazioni di traffico. Inoltre, questo metodo (poiché le lavorazioni si realizzano sotto la soletta di copertura) può ridurre l'emissione di rumore e polveri.
- L'uso di elementi metallici di contrasto può essere ridotto al minimo o spesso non richiesto.
- I solai intermedi possono essere usati come elementi di contrasto, contribuendo di fatto al minor impiego di puntoni metallici, comportando così una riduzione dei tempi e dei costi legati alle lavorazioni. Un ulteriore vantaggio si ottiene realizzando le strutture controterra, riducendo pertanto l'impiego di casseforme e i relativi tempi e costi.

11.4 Descrizione dei criteri e metodi di calcolo

Le analisi e la progettazione tengono in conto delle caratteristiche di sollecitazione risultanti dalle sequenze di costruzione e degli effetti indotti dai carichi e trasferiti dalle strutture di contenimento alle strutture di supporto (solette intermedie, contrasti metallici, etc...).

Le sequenze di costruzione delle opere di contenimento saranno modellate / simulate mediante l'uso di appositi software quali, ad esempio, PARATIE PLUS, PLAXIS 2D o equivalenti, è sarà necessario condurre le seguenti attività:

- analizzare il comportamento meccanico della struttura (flessibile) di contenimento degli scavi basandosi sull'interazione terreno – struttura,
- calcolare le caratteristiche di sollecitazione (momenti flettenti, taglio, sforzo normale), le deformazioni dell'opera di sostegno;
- valutare gli effetti indotti dagli scavi sull'ambiente circostante e sulle preesistenze.

In casi singolari sarà necessario sviluppare modellazioni tridimensionali di dettaglio.

11.4.1 Paratie Plus

PARATIE è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da opere di sostegno flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale. Il problema è ricondotto ad un problema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "TRAVE SU SUOLO ELASTICO" con terreno alla Winkler: le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie. Esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva. Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo". Con tale metodologia, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla paratia. I parametri che caratterizzano il modello possono essere distinti in due classi: di spinta e di deformabilità del terreno. I primi sono rappresentati dal coefficiente di spinta riposo k_0 , dal coefficiente di spinta attiva k_A , dal coefficiente di spinta passiva k_P . I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Le due componenti di sforzo verticale ed orizzontale vengono intese come sforzi principali. In funzione di questa viene definita una funzione di plasticità, funzione che determina i confini di una regione entro quale lo stato tensionale risulta determinato. A seconda dello stato in cui l'elemento si trova, esso reagisce con differenti caratteristiche di rigidità:

- Fase elastica: l'elemento si comporta elasticamente. Questa fase corrisponde ad una porzione di terreno in fase di scarico-ricarico, sollecitato a livelli di sforzo al di sotto dei massimi livelli precedentemente sperimentati. Questa fase viene identificata con la sigla UL-RL (Unloading-Reloading).
- Fase incrudente: l'elemento viene sollecitato a livelli di tensione mai ancora sperimentati. La fase incrudente è identificata dalla sigla V-C (Virgin Compression).
- Collasso: il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione coincidente con i limiti minimo o massimo dettati dalla resistenza del materiale. Questa fase corrisponde a quelle che solitamente vengono chiamate condizione di spinta attiva o passiva. Il collasso viene identificato attraverso le diciture "Active" o "Passive".

11.4.2 Plaxis

PLAXIS 2D è un programma bidimensionale agli elementi finiti che permette di tenere conto del comportamento non lineare del terreno seguendo contemporaneamente, per passi successivi, la variazione di stato tensionale e deformativo nei vari punti dell'ammasso considerato e degli elementi strutturali collegati. PLAXIS 2D permette di esaminare casi di stato piano di deformazione o di assialsimmetria. La sua caratteristica peculiare è di utilizzare materiali con caratteristiche

elastoplastiche, seguendo passo passo gli incrementi di carico utilizzando modelli matematici del terreno via via più complessi (*Mohr Coulomb, Hardening Soil, Soft soil, ecc...*). Il terreno è schematizzato mediante un insieme di elementi finiti a forma triangolare, a quindici nodi che forniscono una distribuzione cubica delle tensioni e delle deformazioni all'interno di ciascun elemento; esiste la possibilità di considerare la presenza di elementi lineari del tipo "beam", "truss" e geotessili resistenti solo a trazione, di considerare la presenza di molle elastoplastiche, e di ridurre le caratteristiche meccaniche del terreno a contatto con elementi di diversa natura. Il calcolo prevede in genere la suddivisione delle diverse fasi (corrispondenti all'applicazione di carichi, o a modifiche della configurazione geometrica per scavi o riporti, o a modifiche delle pressioni isostatiche, o a dissipazione di pressioni neutre) in passi di calcolo, ed è possibile quindi seguire l'evoluzione delle condizioni del terreno parallelamente alle prevedibili fasi costruttive.

11.4.3 Analisi non lineari

Per la modellazione agli elementi finiti si procederà come segue:

- Analisi del problema piano.
- La parete di supporto verticale è formata da elementi finiti verticali BEAM.
- Il suolo, spingendo contro il muro e reagendo in modo complesso alle deformazioni del muro, è simulato mediante un doppio letto di molle elasto-plastiche
- Supporti (permanenti o definitivi) sono modellati da molle applicate ai nodi della parete.

I risultati delle analisi dovranno consentire:

- La progettazione strutturale (STR) dei principali elementi strutturali (opere di sostegno degli scavi, contrasti provvisori / definitivi, ecc...).
- Progettazione geotecnica (GEO) (stabilità globale dell'opera, verifica di eventuali tiranti, verifica della stabilità del fondo scavo, verifica al sifonamento, ecc...).
- Verifica degli effetti indotti dallo scavo sulle preesistenze vicine.

11.4.4 Modello strutturale

Le sequenze di costruzione tipiche sono descritte nei paragrafi precedenti per i metodi di scavo "bottom-up" e "top-down" e possono essere modellate realisticamente mediante un comune software FEM.

Ogni fase di analisi è differente dalla fase precedente o successiva a causa delle diverse quote di scavo, livello dell'acqua, diversa disposizione degli elementi di contrasto e, a volte, proprietà differenti del suolo. Inoltre, tutti gli elementi inclusi nel modello FEM (come elementi temporanei) possono essere attivati e successivamente disattivati durante lo step di analisi successiva.

11.4.4.1 Step iniziale (Fase 0)

L'analisi numerica di un problema geotecnico di solito inizia con la modellazione di alcune configurazioni iniziali a riposo, che si presume esistano nella massa del terreno prima di qualsiasi

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

modifica successiva. Tale fase iniziale geostatica, che è rappresentata da spostamenti laterali e sollecitazione nulle, generalmente è definita condizione k_0 (formula di Jaky): $k_0 = 1 - \sin\varphi'$

11.4.4.2 Fasi di scavo e realizzazione del solettone di copertura

Una fase di scavo è simulata semplicemente abbassando il livello di scavo e il software FEM simula questa fase rimuovendo tutti gli elementi di terreno fino alla quota di scavo. La rimozione dell'elemento suolo modifica la configurazione dell'equilibrio ed è necessario giungere a una nuova configurazione di equilibrio, mediante un processo iterativo (realizzato dal software), che converga con successo verso una nuova configurazione deformata.

Insieme allo scavo del terreno, il livello dell'acqua all'interno dello scavo (o fuori) dell'opera verrà abbassato per riflettere le condizioni di pompaggio eventualmente previste in sito.

In alcune situazioni, il miglioramento del suolo naturale (in termini di parametri geotecnici e permeabilità) all'interno dello scavo mediante tecniche speciali, come il jet-grouting o iniezioni, può essere preso in considerazione aggiornando le proprietà di rigidità, resistenza e permeabilità del terreno stesso.

Nel caso di simulazione della metodologia di scavo "top down" le fasi di scavo sono precedute dalla simulazione della messa in opera della soletta di copertura, la quale sarà modellata come un elemento *beam* appoggiato in testa ai diaframmi ed avente uno spessore equivalente di determinate caratteristiche. Sul solettone di copertura sarà anche simulato l'eventuale ritombamento e l'applicazione dei carichi stradali agenti.

11.4.4.3 Installazione di elementi di contrasto

Durante la sequenza di costruzione, per garantire la stabilità dell'opera, le strutture di contenimento potranno essere contrastate da opportuni puntoni permanenti o temporanei. Nel software di analisi i contrasti intermedi sono di solito modellati come elementi "truss", aventi una rigidità al metro lineare calcolata con la seguente formula:

$$k_{\text{puntone}} = \frac{E \cdot A}{i \cdot L}$$

Dove:

A = Area della sezione trasversale del contrasto

E = modulo di Young del materiale

L = lunghezza libera

i = interasse

11.4.4.4 Fase definitiva a lungo termine

A seguito del completamento degli scavi verrà simulata la realizzazione del solettone di fondo. Seguiranno le fasi di rimozione degli elementi di contrasto provvisori, se presenti, l'applicazione

di eventuali sovraccarichi da applicare sul solettone di copertura (i.e. copertura metallica/edifici fuori terra), quindi si incrementeranno i regimi di spinta delle terre, il livello di falda fino alla configurazione di lungo termine, e, con uno step successivo, sarà implementata l'analisi sismica.

Nella fase definitiva si considera l'effetto del *fluage* (solo in condizione SLE); per simulare il *fluage* delle strutture in cls sotto carico costante si applica al modulo elastico del CLS un coefficiente di riduzione pari a 2.75.

11.4.5 Carichi applicati

Per i carichi applicati ad integrazione di quanto specificato nel paragrafo 10.5, si precisa quanto segue.

I software FEM più comuni consentono l'applicazione di forze e momenti concentrati o distribuiti esterni, per situazioni molto speciali. I carichi da considerare sono riepilogati di seguito.

- **Peso della struttura.** Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali (CLS) pari a:
 - $\gamma_{cls}=25.0 \quad \text{kN/m}^3$
- **Spinte del suolo.** La spinta del terreno viene solitamente calcolata dai software considerando la storia di carico dell'opera di sostegno, in diverse fasi di costruzione, considerando la pressione attiva (Ka) e la pressione passiva (Kp).
 - L'attrito terreno-struttura sarà considerato sul lato attivo e passivo durante la fase temporanea della costruzione ma non in condizioni permanenti di lungo termine. Pertanto nelle analisi, l'angolo di attrito della parete δ è uguale a:

$\delta = \frac{1}{2} \varphi$ per diaframmi, pali e micropali durante la fase di costruzione.

$\delta = 0^\circ$ per diaframmi (strutture permanenti) in condizione di lungo termine. Si fa presente che questo valore si riferisce esclusivamente alla spinta delle terre e al calcolo del coefficiente di spinta attiva (Ka) e passiva (Kp), per cui non riguarda ad esempio i calcoli di capacità portante e resistenza all'uplift di pali e diaframmi.

- **Spinta pressione idraulica in caso di presenza di falda.** Nella fase transitoria della costruzione i diaframmi saranno progettati al fine di sopportare la spinta del suolo e la spinta idraulica dovuta alla falda quando presente. A lungo termine, invece, si considereranno i diaframmi come strutture permanenti per la sola spinta del suolo. Per quanto riguarda la spinta idraulica, a favore di sicurezza, si considererà che i giunti fra un diaframma e l'altro non saranno più in grado di "trattenere" l'acqua di falda che, quindi, andrà a esercitare la propria pressione per la sua interezza sulle fodere interne opportunamente impermeabilizzate.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

I livelli di breve termine (fase di costruzione) e lungo termine (fase di esercizio) sono così definiti:

- Breve termine: livello indicato sul profilo + 1.5m (livello di falda considerato nella verifica a galleggiamento del tappo di fondo).
 - Lungo termine: livello di breve termine + 3.0m (livello di falda considerato nella verifica a sifonamento e a galleggiamento della stazione).
- **Sovraccarichi esterni per circolazione mezzi.** Fatte salve situazioni singolari dove il ricoprimento non ha uno spessore adeguato a redistribuire i carichi stradali da normativa agenti sull'estradosso della soletta (per queste configurazioni rimangono valide le indicazioni definite dalle NTC2018), per simulare la presenza di circolazione di mezzi di cantiere (nella fase di costruzione) e traffico stradale (nella fase definitiva) a tergo delle opere di sostegno, sarà considerato un carico nastriforme di 20 kPa applicato uniformemente su tutto il solaio di copertura e come spinta dal solo lato di azione del sisma. Tale sovraccarico sarà considerato anche in fase di costruzione quale carico di cantiere e/o riapertura al traffico.
 - **Carichi degli edifici posti a tergo delle opere di contenimento.** Per tenere in conto di questa situazione si considererà, quale scarico a quota fondazione dell'edificio, un carico di 10 kPa per ogni piano dell'edificio stesso.
 - **Carichi sismici.** Si rimanda ai precedenti paragrafi nonché a quanto disposto dal DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" (GU n.42 del 20/02/2018).
 - a) Spinta sismica

Per quello che riguarda l'applicazione della spinta sismica, si utilizzerà il metodo di Wook (1973). Tale metodo fornisce la sovraspinta sismica del terreno su una parete interrata.

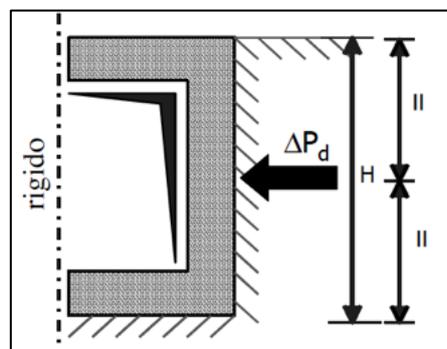


Figura 5. Schematizzazione metodo di Wood

Tale metodo è utilizzato nel caso di manufatti scatolari e l'incremento di spinta legato al sisma può essere stimato secondo la relazione:

$$\Delta P_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2$$

In cui γ è il peso specifico del terreno supposto uniforme. Poiché tale risultante ha il punto di applicazione a metà dell'altezza H del muro, è possibile assumere una pressione uniforme di entità pari a:

$$\Delta p_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H$$

11.4.6 Zona d'influenza degli scavi in C&C

La zona di influenza minima è rappresentata dalla distanza maggiore tra 30m ed una fascia rappresentata da un trapezio come illustrato nella figura seguente.

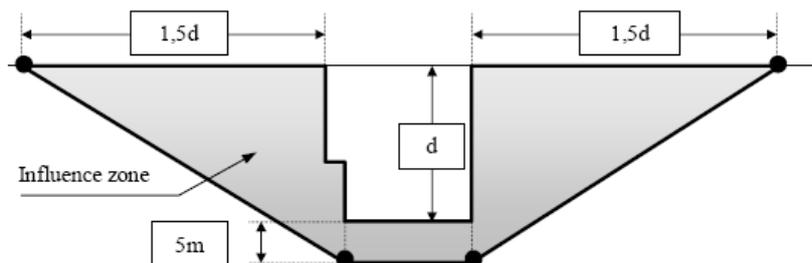


Figura 6. Zona di influenza minima per scavi in C&C

11.4.7 Calcolo della capacità portante delle opere di contenimento – strutture continue e strutture isolate

Per la valutazione della capacità portante – lato terreno – delle opere di sostegno in oggetto è necessario determinare i valori di resistenza forniti dalle unità geotecniche attraversate in termini di:

- capacità portante laterale R_l ;
- capacità portante di base R_b ;

Una volta definite le singole componenti che contribuiscono alla definizione della resistenza ultima lato terreno, è possibile determinare il valore della capacità portante complessiva mediante la seguente espressione:

$$R_d = R_l + R_b - P_p$$

Dove P_p rappresenta il peso proprio dell'elemento strutturale.

Viceversa, per le verifiche a sollevamento delle strutture interrato, il contributo di resistenza fornito dalle opere di sostegno è quello fornito dall'attrito laterale, per cui si omette il contributo della portata di base dell'opera di sostegno.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Lo stesso discorso vale per i diaframmi interni al corpo stazione, "King post", che sostengono quasi tutto il carico assiale trasmesso dalla copertura e dalle solette intermedie nella fase costruttiva.

Nel calcolo agli stati limiti ultimi (S.L.U.), la verifica per collasso dovuto al raggiungimento del carico limite dell'insieme palo-terreno deve soddisfare la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d e R_d sono rispettivamente i valori di progetto dell'azione e della resistenza.

La R_d viene calcolata secondo i I D.M. del 17/01/18:

$$\text{Approccio 2 (A1+M1+R3): } R_d = \frac{R_{c;kb}(\varphi, c)}{\gamma_b} + \frac{R_{c;kl}(\varphi, c)}{\gamma_s} - P_p \cdot \gamma_F$$

$$\gamma_F = 1.3 \text{ (A1)}$$

Dove:

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

Per $R_{c;k(\varphi, c)}$ si è indicata la resistenza caratteristica, laterale (l) e di base (b) calcolata utilizzando i valori di φ e c caratteristici.

La resistenza caratteristica $R_{c;k}$ è valutata tramite l'espressione:

$$R_{c;kl} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal_l})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal_l})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{c;kb} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal_b})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal_b})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

ξ_3, ξ_4 = fattori di correlazione funzione del la condizione geotecnica adottata (ξ_3 : favorevole $(R_{c,calc})_{media}$; ξ_4 : sfavorevole $(R_{c,calc})_{min}$)

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Secondo quanto prescritto dalle norme tecniche per le costruzioni al par. 6.4.3.1.1 il coefficiente parziale (R3) applicato all'aliquota di resistenza della capacità portante laterale in compressione è pari a 1,15, mentre per le verifiche a trazione (sollevamento) il coefficiente parziale (R3) è pari a 1,25.

In base alla natura dei suoli di Fondazione, saranno condotte le verifiche riportate nei paragrafi seguenti secondo le raccomandazioni AGI (1984).

11.4.7.1 Terreni incoerenti

11.4.7.1.1 Capacità portante laterale

La resistenza laterale di calcolo è stata determinata, in base al tipo di terreno attraversato, come segue:

$$\tau_l = k \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi'$$

con k rappresentante un coefficiente empirico variabile con la profondità tra 0.4 e 0.7.

In via cautelativa si assume:

$$K_s = 0.4 \text{ per } N_{SPT} \leq 20$$

$$K_s = 0.5 \text{ per } 20 < N_{SPT} \leq 40$$

$$K_s = 0.7 \text{ per } N_{SPT} > 40 \text{ e } Z < 7.50 \text{ m}$$

$$K_s = 0.6 \text{ per } N_{SPT} > 40 \text{ e } Z > 7.50 \text{ m}$$

La capacità portante laterale sarà in definitiva pari a:

$$R_l = \tau_l \cdot A_l$$

con A_l area laterale.

11.4.7.1.2 Capacità portante di base

La resistenza di base di calcolo è stata determinata, in base al tipo di terreno attraversato, come segue:

$$q_b = N_q \cdot \sigma'_v \leq q_{b,max}$$

dove N_q rappresenta un parametro definito mediante il grafico seguente, funzione dell'angolo di attrito del terreno oggetto di studio.

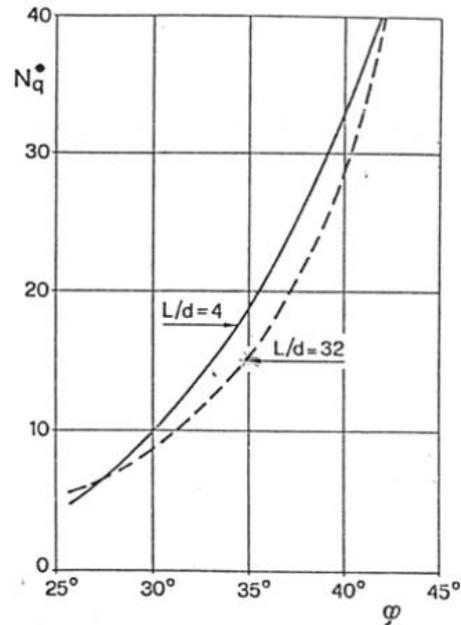


Figura 7. Diagramma per la valutazione del coefficiente N_q (Berezantzev, 1965)

Il valore di q_b non deve essere comunque superiore al limite inferiore $q_{b,max}$ riportato nella seguente tabella, funzione del litotipo attraversato.

Tabella 4. Valori di $q_{b,max}$ per terreni a grana grossa (Gwizdala, 1984)

Litotipo	$q_{b,max}$ [kPa]
Ghiaie	7500
Ghiaie sabbiose	5800
Sabbie	5800
Sabbie limose	4300

La capacità portante di base sarà in definitiva pari a:

$$R_b = q_b \cdot A_b$$

con A_b area di base.

11.4.7.2 Terreni coesivi

Per la determinazione della capacità portante assiale ultima dei pali nei terreni coesivi, ossia i limi argillosi, le sabbie-limose e le argille, si utilizza il cosiddetto metodo α .

La portata laterale limite si sviluppa all'interfaccia struttura di sostegno-terreno mediante una forza di adesione proporzionale al valore della coesione non drenata c_u , attraverso una relazione del tipo

$$\tau_s = \alpha c_u$$

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

ove α è un coefficiente che tiene conto della natura del suolo coesivo, della sua consistenza e del grado di consolidazione. Molti Autori hanno ricavato il valore di α da prove di carico eseguite su suoli coesivi così che oggi si dispone di una casistica abbastanza estesa tale da consentire di scegliere i valori più appropriati al caso in esame.

Si riporta di seguito la tabella usata per la determinazione del valore di α :

Italia (formule d' uso) Associazione Geotecnica Italiana	
C_u [Kpa]	α
Fino a 25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
Oltre 75	0.4

Per quanto riguarda la portata di base limite, in un suolo coesivo in condizioni drenate è generalmente più grande della portata in condizioni non drenate. Tuttavia, il cedimento richiesto per mobilitare la capacità drenata in terreni coesivi anche moderatamente compressibili sarebbe troppo grande ed intollerabile per la maggior parte delle strutture. Inoltre, il palo deve avere una immediata capacità portante tale da prevenire una rottura a breve termine.

Per queste ragioni è usuale calcolare la capacità portante di base in termini di coesione non drenata c_u e di un fattore di capacità portante N_c ,

$$R_b = (N_c * c_u) A_b$$

in cui si assume $N_c = 9$.

12. GALLERIE SCAVATE CON METODO TRADIZIONALE

12.1 Introduzione

In questa tipologia di opere sotterranee rientrano le gallerie a foro cieco realizzate con metodo tradizionale, con scavo a piena sezione o a sezione parzializzata per la realizzazione delle gallerie di linea e delle stazioni in caverna, per i tronchini di collegamento tra manufatti isolati (i.e. pozzi intertratta aventi funzione di ventilazione e/o uscita di emergenza), nonché le nicchie per alloggiamento di dotazioni impiantistiche (se previste).

Spesso il contesto nel quale queste strutture sono ubicate presenta condizioni geologiche / geotecniche (alternanza di diverse unità geotecniche) con presenza prevalentemente della falda acquifera. Alla luce di ciò, durante la fase di progettazione, sarà necessario definire in modo appropriato il tipo di struttura di sostegno di prima fase, di rivestimento definitivo (sia in fase transitoria che definitiva), nonché gli eventuali interventi propedeutici allo scavo, quali consolidamenti del terreno e/o drenaggio.

Nell'ambito della prestazione della progettazione, dovranno essere indicate le sezioni tipo con le relative tratte di impiego. Per ogni sezione tipo dovranno essere date le quantità di tutte le lavorazioni pertinenti; il campo di ogni sezione tipo sarà determinato dalla media di applicazione delle singole lavorazioni nel campo di variabilità della sezione stessa.

In accordo alla suddivisione delle opere in categorie geotecniche la progettazione delle gallerie avverrà di norma nel rispetto dei criteri posti alla base della categoria geotecnica 3, nel senso che si tratta generalmente di operazioni impegnative, dove le previsioni circa le condizioni geologiche e geotecniche da incontrare lungo il tracciato sono comunque caratterizzate da incertezze. Nei casi in cui il modello possa essere ritenuto di tipo continuo e le indagini possano essere svolte con completezza, così da poter formulare previsioni caratterizzate da elevato livello di affidabilità, si potrà, eventualmente, operare nel rispetto dei criteri posti alla base della categoria geotecnica 2.

Definiti i requisiti funzionali della galleria e più in generale dell'opera da progettare, fase in cui viene dedicata particolare attenzione alle caratteristiche prestazionali della linea, si esaminano i vincoli socio-ambientali che possono talora influenzare in modo determinante le scelte.

12.2 Modello geologico-geotecnico e idrogeologico

Il modello geologico, geotecnico e idrogeologico del sottosuolo di riferimento per l'opera (c.d. "MGRO") ricostruito nello sviluppo del Progetto Definitivo dovrà essere approfondito ed integrato sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche, prove in sito e di laboratorio che saranno eseguite nello sviluppo del Progetto Esecutivo.

La progettazione esecutiva si baserà quindi sulla caratterizzazione geologica, geotecnica e idrogeologica del Progetto Definitivo nonché sulle informazioni illustrate nei profili geologici,

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

geotecnici e idrogeologici e nelle relazioni geologiche, geotecniche e idrogeologiche fornite dal Committente integrandole con i risultati delle indagini e prove di nuova realizzazione.

La Relazione Geologica del Progetto Esecutivo dovrà includere un capitolo di "verifica di corrispondenza tra le soluzioni progettuali adottate dal progetto esecutivo e le condizioni geologiche di previsione" così come riportate nella relazione a supporto del Progetto Definitivo.

Sulla base degli input summenzionati, il fornitore di servizi, su indicazione del Committente, dovrà procedere all'individuazione delle varie zone o tratti di galleria "geotecnicamente omogenei" che saranno interessati dallo scavo e dei parametri geotecnici di competenza (deformabilità, resistenza, permeabilità) rilevanti per il progetto. Tale individuazione in zone o tratti geotecnicamente omogenei implica che per gli stessi vengano anche definite diverse tipologie di intervento che dovranno essere illustrate in sezioni tipo di progetto.

Si dovranno pertanto affrontare i seguenti tre aspetti interdipendenti:

- identificazione delle proprietà significative;
- metodologia per la misurazione delle proprietà significative;
- quantificazione delle proprietà significative.

Si sottolinea l'esigenza, in una visione progettuale corretta e completa, che per ciascuna zona o tratto geotecnicamente omogeneo siano chiaramente indicati il grado di affidabilità del modello geologico, geotecnico e idrogeologico di riferimento ricostruito e la variabilità dei parametri determinati, utilizzando possibilmente metodologie di tipo probabilistico.

12.3 Analisi e previsione del comportamento allo scavo

Nella successiva fase di analisi e previsione del comportamento allo scavo, nell'ambito delle attività di progettazione, bisognerà esaminare il problema della stabilità dello scavo (galleria, cavità sotterranee, ecc..) dal punto di vista delle condizioni intrinseche/naturali del terreno, cioè in assenza degli eventuali interventi di rinforzo/stabilizzazione che dovranno essere, se del caso, successivamente scelti tenuto conto del metodo di scavo adottato, delle sequenze di scavo e costruzione.

Si dovrà quindi, in relazione al modello geotecnico di dettaglio in precedenza individuato per le diverse zone o tratti geotecnicamente omogenei, individuare i possibili scenari di instabilità che possono riguardare la galleria o le opere in progetto.

Si tratterà di affinare le previsioni di risposta tenso deformativa circa:

- lo sviluppo o meno di zone plastiche sul contorno del cavo e/o al fronte di scavo,
- l'entità delle deformazioni anticipate e del relativo gradiente di deformazione,
- le potenziali instabilità della calotta e del fronte,
- identificare le possibili condizioni difficili connesse all'afflusso di acqua o alla presenza di materiale sciolto e falda.

Dovranno altresì essere valutati e definiti i potenziali danni all'ambiente o alle preesistenze quali, ad esempio, lo sviluppo di cedimenti/subsidenza in superficie, l'impatto su opere adiacenti e su preesistenze, l'influenza sulle condizioni idrogeologiche ed ambientali.

12.4 Individuazione delle modalità e degli interventi

Si passa quindi all'importante fase delle scelte progettuali con particolare riguardo ai due aspetti principali relativi alla definizione delle modalità di scavo e agli interventi di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione.

Con riferimento al primo aspetto, la principale problematica da affrontare è la definizione delle modalità di scavo della galleria a foro cieco in tradizionale (con mezzi meccanici) a sezione piena o a sezione parzializzata.

Si tratta quindi di individuare gli interventi da adottare, in senso preventivo (se del caso), in anticipo allo scavo, o durante l'avanzamento, per il miglioramento, il rinforzo e la stabilizzazione del terreno.

Con riguardo alla qualità della previsione progettuale, gli interventi devono rispondere ai fenomeni fisico-meccanici che ci si attende e devono essere dimensionati tramite metodi di calcolo, modelli e parametri messi a punto con riferimento al caso specifico. Poiché lo scavo in sotterraneo implica una decompressione ed una variazione di volume del terreno intorno al cavo, si modificano, in alcuni casi drasticamente, le proprietà meccaniche originarie. L'ottimizzazione della soluzione progettuale consiste nel fare in modo che questo processo di distensione sia limitato, così che l'ammasso stesso possa contribuire, con una mobilitazione tensionale nota e controllata, alla stabilizzazione della cavità sotterranea. L'insieme ottimale degli interventi esecutivi deve condurre ad una condizione di interazione tra ammasso incassante e strutture di stabilizzazione per cui si abbia la scelta più economica che soddisfi però i requisiti funzionali dell'opera.

Per quanto concerne invece gli interventi da adottarsi in senso preventivo, in linea orientativa gli stessi si possono distinguere in:

- Interventi di miglioramento del terreno: questi cambiano in valori significativi i parametri geotecnici naturali di resistenza o deformabilità o permeabilità.
- Interventi di rinforzo del terreno: questi modificano la costituzione del terreno tramite l'aggiunta di elementi strutturali, in modo da pervenire ad un materiale composito dotato di migliori caratteristiche meccaniche.
- Interventi di stabilizzazione/confinamento del terreno: questi consistono nell'applicazione di azioni tese a ripristinare le condizioni tensionali preesistenti o nel prevenire e controllare lo sviluppo della risposta deformativa del terreno in seguito all'apertura del cavo.

Come specificato dalla normativa vigente e per quanto attiene la progettazione strutturale dell'osservanza del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, l'elemento essenziale della progettazione degli interventi esecutivi è la precisa definizione delle modalità esecutive (metodo

e tempi) di posa in opera. Le condizioni reali in sottterraneo però sono difficilmente note a priori; questo si traduce nella necessità che vengano specificati, più che dei valori assoluti di riferimento, degli intervalli entro cui poter agire. In corso d'opera è da puntare l'attenzione non sulla quantità degli interventi, ma piuttosto sulle modalità esecutive di intervento (tempi di posa in opera, cicli produttivi, ecc.).

12.5 Analisi progettuali e verifiche

Al fine di analizzare la stabilità del cavo ed il suo comportamento deformativo durante lo scavo ed in condizioni di esercizio, tenendo conto dell'azione esercitata dagli interventi, risulta necessario ricorrere ad analisi progettuali con metodi di diverso tipo (analitici in forma chiusa, semianalitici, numerici).

Obiettivo determinante dell'analisi progettuale è giungere alla previsione delle condizioni di stabilità e del comportamento deformativo della galleria in presenza degli interventi. Questa previsione si esemplifica nella quantificazione dei seguenti parametri fondamentali:

- convergenza totale del cavo ed in particolare del rapporto tra la stessa convergenza e la dimensione equivalente della galleria;
- gradiente di deformazione, inteso come convergenza della galleria nell'unità di tempo.

Il Progettista, sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e geotecniche concordate con il Committente, dei tipi di scavo adottati all'intera galleria e tenuto conto delle incertezze di tipo geologico e geotecnico e dei vincoli esterni, dovrà fornire indicazioni circa le tempistiche, le modalità e le specifiche costruttive.

12.6 Metodi di analisi progettuale

In accordo ai criteri di progettazione adottati, l'analisi progettuale dovrà prevedere:

- il comportamento della galleria allo scavo (in condizioni intrinseche);
- la stabilità della galleria ed il suo comportamento tensionale e deformativo in presenza degli interventi di miglioramento, rinforzo, stabilizzazione e rivestimento.

Il metodo di analisi di volta in volta impiegato farà riferimento alle ipotesi adottate per la descrizione del comportamento tenso-deformativo del terreno. Tale metodo di analisi dovrà consentire di esaminare le condizioni di stabilità della galleria ed il suo comportamento tensionale e deformativo, in presenza ed in assenza degli interventi, in modo che l'azione degli stessi possa essere considerata esplicitamente secondo il modello di interazione terreno-struttura di volta in volta scelto. In sede di analisi dovrà essere fatto riferimento al metodo di scavo utilizzato e alla sequenza delle diverse fasi, nonché ai sistemi di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione proposti, sia preventivamente allo scavo che in concomitanza con lo stesso. Le analisi saranno svolte con esplicito riferimento alle sezioni tipo individuate lungo il tracciato della galleria per zone o tratti geotecnicamente omogenei, tenuto anche conto delle caratteristiche geometriche e funzionali della galleria da realizzare, dei vincoli ambientali, ecc.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Le analisi sono concettualmente distinte in:

- Analisi progettuali e verifiche, che comprendono le analisi di stabilità della galleria (con particolare riguardo al fronte ed alla zona retrostante) e le analisi dei sostegni di prima fase e dei rivestimenti definitivi in c.a. gettati in opera.
- Analisi progettuali per la previsione del comportamento del terreno allo scavo, che esaminano la condizione più verosimile in accordo ai valori attesi delle caratteristiche geotecniche del terreno, per ciascuna zona o tratto geotecnicamente omogeneo. I risultati ottenuti da queste analisi, che sono in particolare volte a simulare il comportamento della galleria durante la costruzione (secondo le diverse fasi esecutive), potranno essere utilizzati come riferimento nelle successive fasi di progettazione nonché in fase di monitoraggio in corso d'opera. Ove il comportamento della galleria si riveli diverso da quello previsto (ed in particolare più sfavorevole), si definiranno nuovi valori delle caratteristiche geotecniche, in grado di approssimare al meglio i risultati delle misure; a tal fine verranno preferenzialmente usati metodi di calcolo a ritroso ("*back analysis*"). Saranno i valori così individuati per le grandezze più significative a consentire la verifica e l'eventuale revisione/integrazione di quanto previsto.
- Le analisi possono considerare condizioni rigorosamente bidimensionali solo in prima approssimazione; più in generale sarà necessario tenere conto dell'effetto tridimensionale relativo al fronte, ricorrendo, se del caso, ad analisi in condizioni di deformazione piana, purché condotte ponendo particolare attenzione alla simulazione delle previste fasi di scavo e costruzione. In presenza di rivestimenti in calcestruzzo armato, dovranno essere dimensionati tenendo conto degli effetti tridimensionali, in relazione alla definizione dell'armatura longitudinale e di quella trasversale.

Di norma si procederà a:

- Analisi dei problemi di stabilità della galleria, con particolare riguardo al fronte ed alla zona retrostante.
- Analisi dei movimenti indotti sul contorno del cavo, nel terreno circostante e, nel caso in oggetto di gallerie superficiali, in superficie (subsidenza indotta). Particolare attenzione dovrà essere posta alla valutazione delle deformazioni indotte nel terreno circostante, fino alla superficie e dei conseguenti eventuali movimenti delle preesistenze (i.e. edifici, manufatti, sottoservizi, ecc...). Per tali analisi dovrà essere sviluppato un opportuno modello che interpreti l'andamento dei cedimenti secondo la distribuzione spaziale degli stessi definendo altresì il massimo valore del cedimento indotto ammissibile e l'estensione stessa del bacino di subsidenza (larghezza e volume). In considerazione della specificità dell'opera (gallerie in ambiente urbano) le analisi ed i modelli di calcolo dovranno tenere in conto, ove necessario, della presenza di costruzioni esistenti, rilevati e quant'altro significativo ai fini delle calcolazioni.
- Analisi delle deformazioni e delle sollecitazioni indotte nel terreno e nelle strutture, in relazione con le fasi di scavo, di attuazione degli interventi di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione e posa in opera del rivestimento.
- Dimensionamento e verifiche dei rivestimenti (di prima fase e definitivo).

Le analisi progettuali dovranno essere riportate in apposite Relazione di Calcolo.

12.7 Modelli numerici

Il metodo di calcolo da impiegare per valutare l'interazione terreno-struttura ed ottenere le sollecitazioni agenti sui rivestimenti primari e definitivi della galleria sarà quello agli elementi finiti (FEM) implementato tramite il software Plaxis2D, o si può introdurre, quando possibile, modelli piani assialsimmetrici.

Le analisi tridimensionali, da eseguirsi con Plaxis 3D o similari, saranno richieste, invece, per modelli più complessi adatti per indagare delle situazioni complesse (come potrebbero essere ad esempio le intersezioni di due tunnel o singolari configurazioni di interferenza con le preesistenze).

Le condizioni al contorno ed iniziali saranno realizzate tramite una maglia di elementi triangolari i cui confini sono stati collocati ad una distanza dalla sezione della galleria tale da non risentire degli effetti di bordo; il bordo superiore del modello coinciderà con il profilo topografico del terreno.

Lo stato tensionale geostatico sarà riprodotto nel modello tramite la fase 0, applicando un campo di sforzo di tipo gravitazionale.

12.8 Modellazione dell'azione sismica

12.8.1 Considerazioni generali

Per la definizione dell'azione sismica valgono le regole generali indicate nel paragrafo 10.7.

12.8.2 Applicazione al modello numerico

Per la verifica nelle condizioni di *ovaling* si seguirà quanto proposto da Youssef M.A. Hashash, Jeffrey J. Hooka, Birger Schmidt, John I-Chiang Yooa nell'articolo "*Seismic design and analysis of underground structures*", 2001.

L'approccio fa riferimento ad una condizione di *free-field* (secondo quanto descritto da Wang, 1993) che rappresenta anche una condizione conservativa (poiché ignora la presenza della struttura nel limitare le deformazioni del terreno).

Con *free-field* si intendono le deformazioni che il terreno subirebbe in assenza della struttura. Ipotizzando che la struttura, durante un evento sismico, si muova insieme con il terreno circostante, sarà quindi soggetta alle stesse deformazioni a cui è soggetto il terreno. Tali deformazioni vengono imposte alla struttura al fine di ricavare le tensioni e per integrazione le sollecitazioni M, N, V.

La metodologia da seguire per calcolare gli effetti di *ovaling* è la seguente:

1. Ottenimento della PGA e della magnitudo M_w del terremoto di riferimento.
2. Amplificazione della PGA in funzione del tipo di terreno che si ha in sito (moltiplicazione per il fattore S).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

$$a_{max} = PGA \cdot S$$

Per il fattore S_S valgono le considerazioni generali di cui al §10.7.

3. Deamplificazione dell'accelerazione trovata in funzione dell'approfondimento del tunnel

$$a_{z,max} = a_{max} \cdot C$$

Il fattore C viene definito nella Tabella 4 dell'articolo (Hashash, 2001) presentata di seguito e verrà assunto in modo cautelativo pari a 1.

Tabella 5. Fattore moltiplicativo C secondo Hashash, 2001

Tunnel depth (m)	Ratio of ground motion at tunnel depth to motion at ground surface
≤ 6	1.0
6–15	0.9
15–30	0.8
> 30	0.7

4. Il valore di $a_{z,max}$ verrà utilizzato per trovare la deformazione massima nelle condizioni di *free-field*, che è funzione della V_S (velocità di picco, funzione a sua volta della magnitudo e della distanza dalla fonte sismica, k).

$$Y_{max} = \frac{V_S}{C_S}$$

$$V_S = k \cdot a_{z,max}$$

Il fattore k viene definito nella Tabella 3 dell'articolo (Hashash, 2001) presentata di seguito.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Tabella 6. Fattore moltiplicativo k secondo Hashash, 2001

Moment magnitude (M_w)	Ratio of peak ground velocity (cm/s) to peak ground acceleration (g)		
	Source-to-site distance (km)		
	0-20	20-50	50-100
<i>Rock^a</i>			
6.5	66	76	86
7.5	97	109	97
8.5	127	140	152
<i>Stiff soil^a</i>			
6.5	94	102	109
7.5	140	127	155
8.5	180	188	193
<i>Soft soil^a</i>			
6.5	140	132	142
7.5	208	165	201
8.5	269	244	251

^aIn this table, the sediment types represent the following shear wave velocity ranges: rock ≥ 750 m/s; stiff soil is 200-750 m/s; and soft soil < 200 m/s. The relationship between peak ground velocity and peak ground acceleration is less certain in soft soils.

Sarà considerato il minimo valore di magnitudo attesa e la massima distanza epicentrale.

Cs è invece la velocità reale di propagazione delle onde di taglio e sarà valutata direttamente dalle prove geofisiche che saranno messe a disposizione dal Committente.

Una volta trovata la deformazione massima γ_{max} , occorrerà ricavare le sollecitazioni indotte da questa deformazione sul rivestimento della galleria.

Nel modello Plaxis2D si imporrà uno spostamento proporzionale alla deformata che si vuole ottenere.

$$\Delta x_{max} = \gamma_{max} \left(\frac{h_{mod}}{2} \right)$$

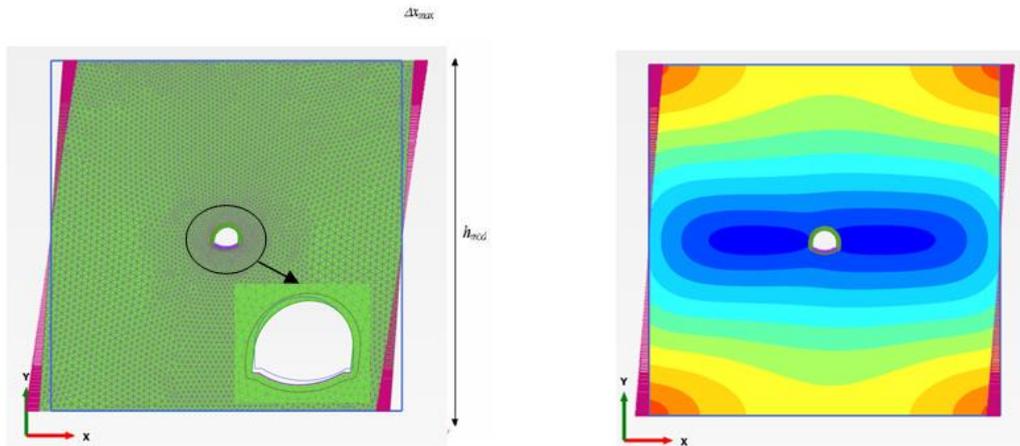


Figura 8. Procedura "trial & error"

12.9 Legge di comportamento dei materiali

12.9.1 Terreno

Per il terreno sarà utilizzato un modello costitutivo elasto-plastico incrudente tipo "*Hardening Soil*". In tale modello, esattamente come in quello di Mohr Coulomb, la legge di resistenza è di tipo attritivo scandita dalla coesione c' e dall'angolo di attrito ϕ' . L'angolo di dilatanza ψ è posto uguale 0° . Attraverso il modello "*Hardening Soil*" è possibile descrivere con maggiore dettaglio il comportamento del terreno lontano dalle condizioni di rottura attraverso l'impostazione di tre parametri: E_{50} , modulo di deformabilità secante al 50% del carico di rottura, modulo edometrico E_{oed} e modulo di scarico e ricarico E_{ur} .

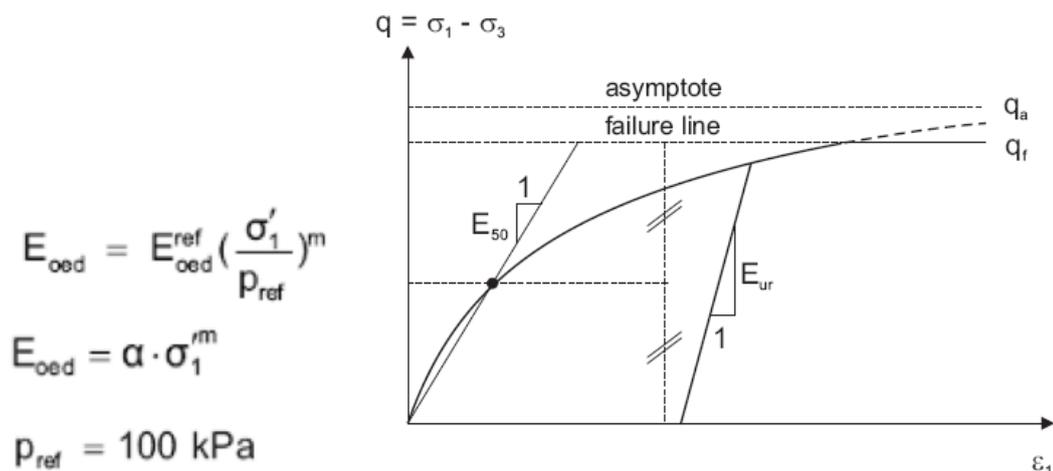


Figura 9. Modello costitutivo Hardening Soil

La condizione geostatica sarà inizializzata ipotizzando un coefficiente di spinta a riposo K_0 ottenuto attraverso la relazione di Jaky, fatte salve ulteriori specifiche indicazioni derivanti dalla caratterizzazione geotecnica:

$$K_0 = 1 - \sin \phi'$$

12.9.2 Carichi variabili – Accidentali

Un carico variabile pari a 20 kN/m^2 uniformemente distribuito sarà applicato in superficie in tutte le fasi di calcolo.

12.9.3 Sostegno di prima fase

Il sostegno di prima fase sarà simulato con elementi *plate* aventi comportamento elastico-lineare. Gli elementi *plate*, nel modello matematico, saranno simulati con un materiale di rigidezza equivalente. Nel caso di sostegno di prima fase costituito da centine metalliche reticolari e spritz beton, la sezione equivalente sarà determinata considerando la sezione omogeneizzata della sezione mista acciaio calcestruzzo.

Invece, nel caso in cui il sostegno di prima fase sia costituito da centine metalliche e spritz beton, le caratteristiche della sezione equivalente saranno determinate secondo la teoria di Carranza Torres (2004).

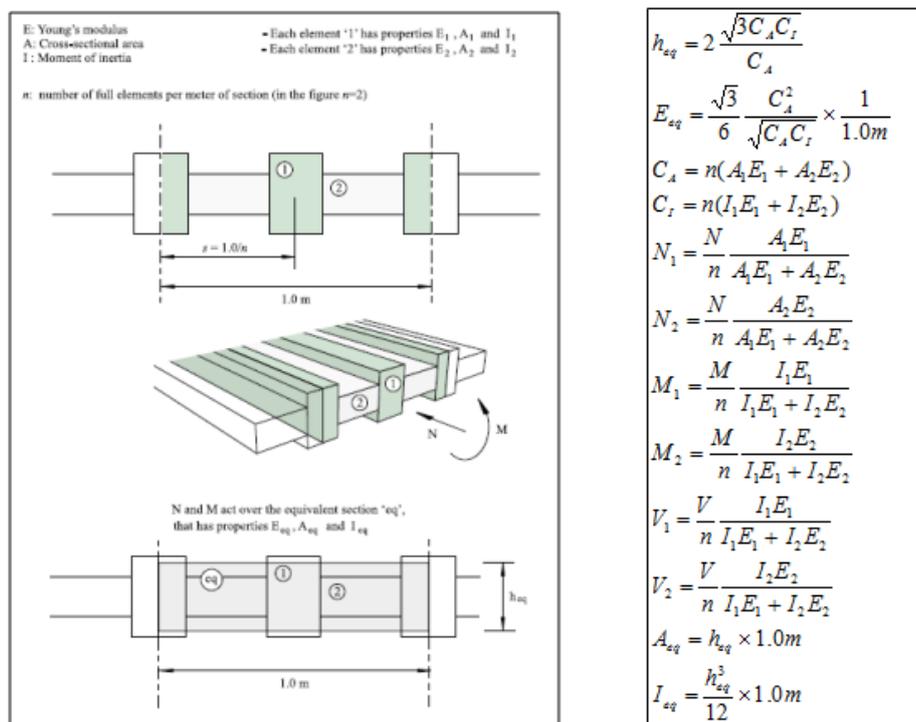


Figura 10. Rivestimento di prima fase – Caratteristiche equivalenti (Carlos Carranza Torres 2004)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

In funzione della classe di resistenza dello spritz beton, il sostegno di prima fase sarà verificato sia in condizioni di "spritz giovane", sia in condizioni di "spritz a completa maturazione".

A titolo esemplificativo e non esaustivo, per un sostegno di prima fase costituito da centine in profilati metallici in acciaio tipo S275 e per una classe di spritz tipo C25/30 seguono i valori di riferimento per la determinazione della sezione equivalente da implementare nelle analisi.

Tabella 7. Caratteristiche rivestimento di prima fase in Plaxis2D

Spritz beton	E_{shotcrete} (MPa)	E_{acciaio} (MPa)
Giovane	15000	200000
Maturo	31000	200000

12.9.4 Rivestimento definitivo

Nella configurazione di lungo termine si supporrà che il sostegno di prima fase e gli eventuali interventi di trattamento del terreno non siano più attivi ed i carichi siano trasferiti al rivestimento definitivo.

Il rivestimento definitivo sarà simulato nel modello tramite elementi *plate* aventi comportamento elastico-lineare.

12.9.5 Consolidamento del terreno

La zona di consolidamento del terreno nell'intorno dello scavo sarà simulata in funzione della geometria di trattamento da definire, delle condizioni geologiche-geotecniche ed idrogeologiche, della tipologia di intervento da implementare. Tali scelte progettuali saranno definite su indicazione del Committente. A tale zona di consolidamento, saranno quindi assegnati i parametri del materiale più appropriati attingendo da esperienze pregresse del Committente (p.es. Linea 1) in suoli analoghi e/o dati derivanti dalla letteratura tecnica specialistica.

12.10 Sequenza esecutiva

Le fasi esecutive e l'effetto del passaggio del fronte di scavo attraverso la generica sezione di calcolo sono simulate tramite il valore di I (rilascio tensionale).

Il modello numerico consente di considerare la riduzione della pressione del terreno sul rivestimento e conduce agli stessi risultati ottenuti con soluzioni analitiche esatte. La simulazione dello scavo del tunnel e dell'applicazione del rivestimento può essere modellata applicando una pressione all'interno dello scavo il cui valore è inferiore alla pressione nel terreno in condizioni geostatiche.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

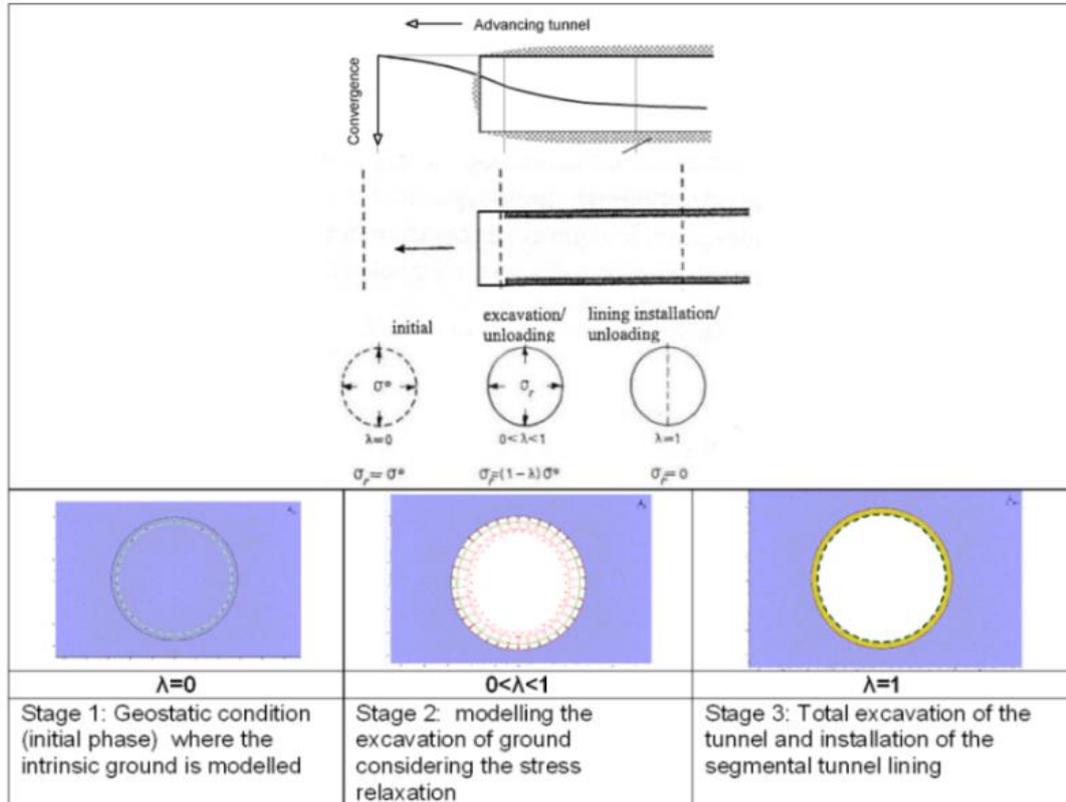


Figura 11. Fasi di scavo e rilasci per la realizzazione di un tunnel

A titolo esemplificativo e non esaustivo, di seguito sono indicate le fasi ipotizzate nella modellazione di una sezione di scavo a piena sezione:

Fase 0: condizione geostatica;

Fase 1: attivazione del carico superficiale;

Fase 2: attivazione del consolidamento;

Fase 3: situazione al fronte di scavo ($l=0.5$);

Fase 4: situazione a 1m dal fronte con installazione del sostegno di prima fase – cls giovane ($l=0.8$);

Fase 5: situazione lontano dal fronte di scavo – cls maturo ($l=1$);

Fase 6: getto in opera del rivestimento definitivo, disattivazione del consolidamento e del rivestimento di prima fase per la condizione di lungo termine.

12.11 Verifiche strutturali

12.11.1 Rivestimento di prima fase

Nel presente paragrafo si illustrano i criteri generali di verifica dei rivestimenti di prima fase. Le verifiche saranno eseguite allo stato limite ultimo (SLU).

Le azioni permanenti da utilizzare saranno riferite ai valori caratteristici ottenuti dal modello di Plaxis, per cui le successive verifiche saranno rapportate al valore del coefficiente parziale di sicurezza delle azioni permanenti $\gamma_G = 1.30$. I valori di calcolo delle resistenze dei materiali si ricaveranno dividendo ciascun valore caratteristico per il fattore di sicurezza parziale γ_M specifico del materiale considerato (si veda la tabella seguente).

Tabella 8. Fattori di sicurezza parziale dei materiali

Stato limite	Acciaio Carpenteria γ_A	Calcestruzzo γ_C
SLU	1.05	1.50

Per quanto riguarda il rivestimento di prima fase le verifiche strutturali dei modelli saranno condotte come segue:

- Nel caso di sostegno di prima fase costituito da centine metalliche reticolari e spritz beton, le verifiche saranno condotte considerando la sezione omogeneizzata acciaio calcestruzzo;
- nel caso in cui il sostegno di prima fase sia costituito da centine metalliche e spritz beton, poiché la sezione composita non ha una configurazione di omogeneità, a favore di sicurezza lo sforzo Normale sarà ridistribuito tra le centine e lo spritz, in funzione delle rispettive rigidità assiali determinate secondo la teoria di Carranza Torres (2004); invece lo sforzo di taglio ed il momento flettente invece saranno interamente assorbiti dalla centina metallica (rispettivamente dall'anima e dalle piattabande).

Le verifiche strutturali dovranno essere condotte, nella doppia configurazione di spritz beton "giovane" e "maturo" prendendo debitamente in considerazione le rispettive resistenze.

12.11.2 Rivestimento definitivo

I valori di calcolo delle resistenze dei materiali si determineranno dividendo ciascun valore caratteristico per il fattore di sicurezza parziale γ_M specifico del materiale considerato (si veda tabella precedente).

Le seguenti verifiche da condurre saranno:

- in condizioni statiche (condizioni di normale esercizio):
 - Verifica a S.L.U. per flessione;
 - Verifica a S.L.U. per taglio;
 - Verifica a S.L.E per fessurazione: $w < 0.3\text{mm}$.
- in condizioni dinamiche (condizioni sismiche):
 - Verifica a S.L.U. per flessione;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- Verifica a S.L.U. per taglio.

12.11.3 Stabilità del fronte di scavo

Le analisi di stabilità del fronte di scavo saranno effettuate per determinare innanzitutto la stabilità del fronte e, in secondo luogo, esaminare la necessità di migliorare il terreno al fine di controllare la deformazione della parete in modo da garantire condizioni di lavoro in sicurezza sul fronte di scavo.

Le analisi saranno condotte secondo la condizione di equilibrio limite in funzione delle teorie più appropriate alle condizioni in esame (p. es. metodo di Caquot & Kerisel (1956), rivisto da Carranza Torres (2004); metodo di Tamez & Cornejo (1985)).

13. GALLERIE SCAVATE CON METODO MECCANIZZATO

13.1 Introduzione

Il presente documento illustra i principi secondo cui le Procedure di Avanzamento TBM (PAT) dovranno essere sviluppate nel corso delle prossime fasi progettuali e quindi aggiornate durante la realizzazione dell'opera.

Il presente documento non ha come scopo la definizione della tipologia della TBM né di illustrare e definire i parametri meccanici della TBM quali coppia e spinta massima, o altre caratteristiche di dettaglio quali ad esempio le caratteristiche della testa fresante; queste sono responsabilità dell'Appaltatore che dovrà definirle e sottoporle alla approvazione della Stazione Appaltante e Direzione Lavori (DL) con appositi documenti.

Le indicazioni riportate nel presente documento si riferiscono a quei parametri macchina tramite i quali risulterà possibile (anche grazie al controllo incrociato coi dati di monitoraggio geotecnico e strutturale) valutare se gli scavi del tunnel (scavato con TBM) procedano in accordo a quanto previsto in fase di progetto oppure se ci siano scostamenti da quanto previsto; qualora si ricada in questo secondo caso, grazie al controllo dei dati disponibili, sarà possibile individuare la causa (o le cause) dei suddetti scostamenti e quindi porre in atto le pre-definite azioni correttive necessarie al proseguimento delle operazioni di scavo in sicurezza (presentate in specifico documento qui indicato come "Piano di Contingenza" che sarà da predisporre da parte dell'appaltatore e approvato da Stazione Appaltante e DL).

I principali parametri macchina che dovranno essere trattati nel PAT sono:

- pressione di supporto dei fronti di scavo;
- densità del materiale nella camera di scavo;
- pressione e volume della miscela iniettata;
- peso e volume del materiale scavato.

Questi ed altri dati macchina dovranno essere raccolti in tempo reale dall'Appaltatore e messi a disposizione di tutti gli stakeholder del progetto (individuati dalla Stazione Appaltante).

La condivisione dei dati macchina dovrà avvenire attraverso piattaforme informatiche dedicate (di proprietà della Stazione Appaltante o dell'Appaltatore o di terze parti) grazie alle quali risulti possibile visualizzare, confrontare ed analizzare i diversi dati macchina lungo il tracciato ed al contempo avere semplice visualizzazione e confronto coi dati di monitoraggio (sotterraneo e di superficie / geotecnico e strutturale). La scelta della piattaforma informatica sarà responsabilità congiunta della Stazione Appaltante e dell'Appaltatore.

Il documento PAT risulta essere un documento vivo ed in costante aggiornamento in funzione delle informazioni che verranno raccolte durante le prossime fasi progettuali (es: nuovi sondaggi) e durante gli scavi della galleria (studio ed analisi combinata dei parametri macchina e dei dati di monitoraggio).

13.2 Gestione degli aggiornamenti del PAT

La prima versione del documento, che dovrà essere validato prima dell'avvio degli scavi, verrà sviluppato secondo le indicazioni qui presenti e sarà univocamente identificato con estensione "**_PAT-0**"; questo dovrà trattare i dati macchina per tutto lo sviluppo della galleria scavata con TBM.

Quando questo documento verrà validato dalla Stazione Appaltante costituirà il documento da seguire per l'inizio degli scavi con TBM.

La studio dei dati macchina e dei dati di monitoraggio consentirà una prima valutazione delle previsioni illustrate nel documento "**_PAT-0**" e sarà quindi possibile:

- Confermare l'utilizzo del "**PAT-0**" per una successiva tratta di scavo (la cui lunghezza sarà definita da Stazione Appaltante e DL di concerto con l'Appaltatore);
- Definire aggiustamenti dei parametri macchina da presentarsi con revisioni del documento da chiamarsi "**_PAT-1**" - "**_PAT-2**" – etc.etc.

Si prevede di avere una valutazione giornaliera (congiunta tra Appaltatore, Stazione Appaltante e gli stakeholder definiti dalla Stazione Appaltante) delle previsioni del "**_PAT-0**" e dei dati di monitoraggio per il primo mese di scavo della TBM per poi definire una frequenza consona allo stato di avanzamento dei lavori.

NOTE:

- Qualora si debba procedere alla stesura di aggiornamenti del PAT ("**_PAT-1**", "**_PAT-2**", **etc.etc.**) si potrà valutare di redigere documenti validi per parti del tracciato fatto salvo che non potrà mai essere ammesso l'avanzamento dello scavo senza un documento PAT controllato e validato da Stazione Appaltante e DL.
- Definire a priori la lunghezza del tratto di validità di un dato documento **_PAT-x** non risulta né possibile né in accordo allo spirito del Metodo Osservazionale (come anche indicato nelle NTC2018); solo un costante controllo dello stato di avanzamento degli scavi potrà permettere a Stazione Appaltante, DL ed Appaltatore di definire la migliore strategia possibile.

13.3 Parametri macchina

Sulla base di un'analisi approfondita dei vari metodi per la stima delle pressioni di sostegno per scavi meccanizzati con TBM, trattati all'interno di numerosi testi e raccomandazioni, sono proposti tre differenti metodi per la stima della pressione di contrasto del fronte di scavo.

Questi metodi sono brevemente descritti di seguito ed alcuni di loro sono basati sul meccanismo di rottura sviluppato da Horn (1961) che prevede che il volume da supportare/contrastare al fronte di scavo sia costituito da un cuneo di terreno sormontato da un prisma a base rettangolare la cui larghezza corrisponda al diametro del tunnel.

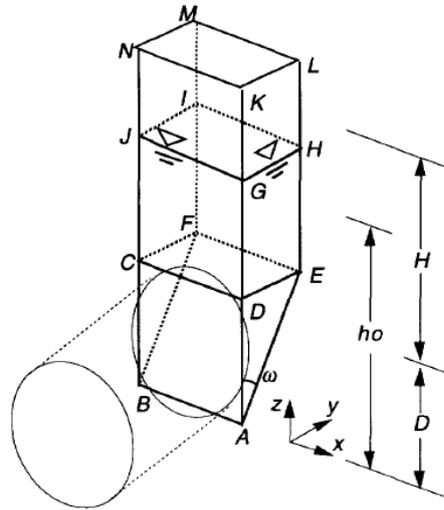


Figura 12. Meccanismo di scivolamento secondo Horn (1961)

13.3.1 Pressione di supporto dei fronti di scavo

Trattandosi di un fronte di scavo, per le verifiche di sicurezza, si prescrive l'utilizzo della Combinazione 2 dell'Approccio 1, A2+M2+R2 per la quale valgono i parametri riportati nelle tabelle seguenti e un coefficiente sulle resistenze $\gamma_{R2} = 1.1$.

Tabella 9. Coefficienti parziali per le azioni come da Tab. 6.2.I delle NTC18

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Tabella 10. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici come da Tab. 6.2.II delle NTC18

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

I coefficienti parziali γ_{G2} (1,3 condizione sfavorevole) saranno da applicarsi ai sovraccarichi presenti in superficie ed alla spinta delle terre. Il coefficiente parziale per la resistenza γ_{R2} è stato applicato ai valori di pressione di sostegno del fronte derivanti dai metodi descritti di seguito.

Anche il valore di pressione dell'acqua andrà fattorizzato con un coefficiente maggiore/uguale ad 1; la scelta di questo coefficiente sarà definito dall'Appaltatore e dalla Stazione Appaltante in base al grado di confidenza circa la posizione della falda e delle sue fluttuazioni stagionali.

La verifica di blow-out è assimilabile ad una verifica di sollevamento che comporta l'utilizzo dei coefficienti parziali come riportato nella tabella seguente assumendo i sovraccarichi e la spinta delle terre come carichi favorevoli.

Tabella 11. Coefficienti parziali per le verifiche a sollevamento come da Tab. 6.2.III delle NTC18

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

13.3.1.1 Definizione della pressione al fronte

13.3.1.1.1 Metodo COB (Dutch Centre Ondergroun Bowen)

Il metodo COB è un metodo empirico utilizzato per valutare la pressione al fronte e tiene in considerazione la spinta attiva del terreno al quale si sottrae il contributo dovuto alla coesione, la pressione dell'acqua ed eventuali sovraccarichi presenti in superficie.

L'equazione proposta dal metodo COB è la seguente:

$$\sigma_T = k_a \sigma_v' - 2c\sqrt{k_a} + k_a q + p_w + 20kPa$$

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

In cui: σ'_v = pressione litostatica effettiva a quota corona [kPa]

k_a = coefficiente di spinta attiva

$$k_a = \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)$$

c = coesione [kPa]

q = sovraccarico in superficie [kPa]

p_w = pressione idrostatica a quota calotta [kPa]

Tale stima non prende in considerazione la resistenza a taglio presente tra il volume instabile e quello stabile (non ipotizza alcun meccanismo di rottura). Nella formula sopra riportata si considera un delta di pressione di 20 kPa a favore di sicurezza. Con l'applicazione dei coefficienti parziali sopra mostrati il delta di pressione pari a 20kPa sopra menzionato potrà essere omesso.

Per profondità del tunnel maggiori di un diametro (rispetto alla calotta) il metodo COB potrà essere accompagnato dalla limitazione del solido di carico tramite la teoria dell'effetto silo (i.e.: Protodyakonov, M.M. (1907). - Terzaghi, K., (1943)).

13.3.1.1.2 Metodo di Anagnostou & Kovári 1994

Il metodo di Anagnostou & Kovári (1994) è basato sul meccanismo di rottura sviluppato da Horn (1961) a partire dalla teoria dell'effetto silo proposta da Janseen (1895). La teoria dell'effetto silo permette di considerare le forze gravanti sul fronte ridotte per effetto delle forze resistenti allo scorrimento lungo tutte le superfici di scivolamento. La pressione di contrasto deriva pertanto dal bilancio delle forze agenti e resistenti in gioco. Anche questo metodo tiene in considerazione la coesione dei terreni nel ridurre la spinta da contrastare.

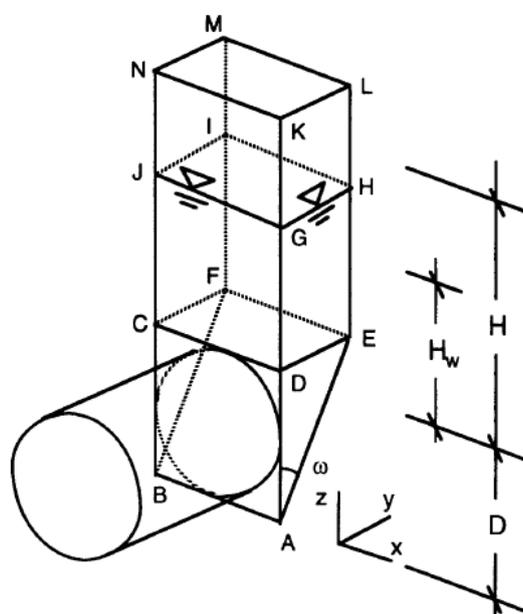


Figura 13. Meccanismo di rottura secondo Horn 1961 - Anagnostou & Kovári (1994)

La pressione totale di lavoro che la macchina dovrà esercitare è la somma tra quella efficace e la pressione idraulica presente nella camera di scavo (considerando i fattori di riduzione dei parametri di resistenza al taglio come illustrato nel paragrafo 13.3.1) al fine di avere una pressione di lavoro maggiore di quella limite:

$$\sigma_T = s' + \gamma_w H_w$$

Dove:

- s_T : pressione totale di stabilizzazione al fronte;
- s' : pressione efficace di stabilizzazione del fronte;
- γ_w : peso di volume dell'acqua;
- H_w : altezza dell'acqua.

NOTA: I valori di pressione dovranno essere calcolati rispetto alla calotta del Tunnel.

Si specifica inoltre che non sarà possibile utilizzare il metodo Anagnostou & Kovári 1996 così come ammettere filtrazione di acqua nella camera di scavo al fine di determinare la pressione di stabilizzazione al fronte.

Si rimanda agli articoli degli autori per ulteriori dettagli teorici ed analitici.

13.3.1.1.3 Metodo di Caquot & Kerisel (1956) adattato da Carranza-Torres (2004)

Questo metodo considera condizioni di equilibrio limite per un materiale prossimo alla rottura presso la calotta di una cavità circolare (cilindrica o sferica) superficiale. Anche in questo caso il terreno è definito dai parametri di resistenza al taglio c (coesione) e ϕ (angolo di attrito). Anche con questo metodo si considera una limitazione della pressione verticale agente sulla tramite la teoria del fronte sferico.

Di seguito si riportano i principali schemi e formulazioni che definiscono il metodo, si rimanda agli articoli degli autori per dettagli teorici ed analitici.

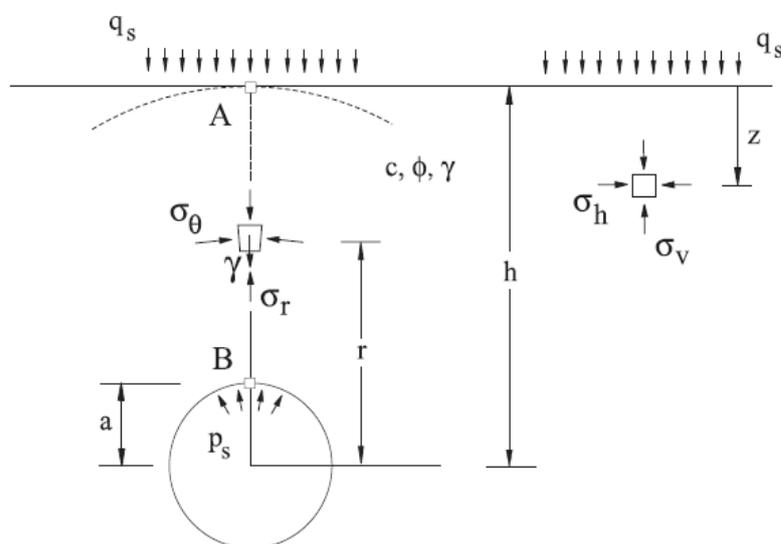


Figura 14. Schema concettuale del metodo per la definizione della pressione al fronte (Carranza-Torres 2004)

La soluzione generalizzata del metodo di C-K è rappresentata dalla seguente formulazione sviluppata da Carranza Torres (2004) grazie ad uno studio parametrico sviluppato con modelli numerici tridimensionali FLAC 3D:

$$\frac{p_s}{\gamma a} = \left(\frac{q_s}{\gamma a} + \frac{c}{\gamma a} \times \frac{1}{\tan \phi} \right) \left(\frac{h}{a} \right)^{-k(N_\phi - 1)} - \frac{1}{k(N_\phi - 1) - 1} \left[\left(\frac{h}{a} \right)^{1 - k(N_\phi - 1)} - 1 \right] - \frac{c}{\gamma a} \times \frac{1}{\tan \phi}$$

Dove:

- p_s o s' = pressione al fronte;
- q_s = sovraccarico superficiale;
- a = raggio del tunnel;
- c, ϕ = parametri di resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb;
- h = profondità dell'asse del tunnel;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- k = parametro che definisce il tipo di scavo [1 = tunnel cilindrico; 2 = cavità sferica]; solitamente il tipo 2 è considerato;
- γ = peso dell'unità di volume.
- N_{ϕ}^{FS} = fattore N funzione del fattore di sicurezza

$$N_{\phi}^{FS} = \frac{1 + \sin\left(\tan^{-1} \frac{\tan \phi}{FS}\right)}{1 - \sin\left(\tan^{-1} \frac{\tan \phi}{FS}\right)}$$

$$FS = \frac{c}{c^{cr}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi^{cr}}$$

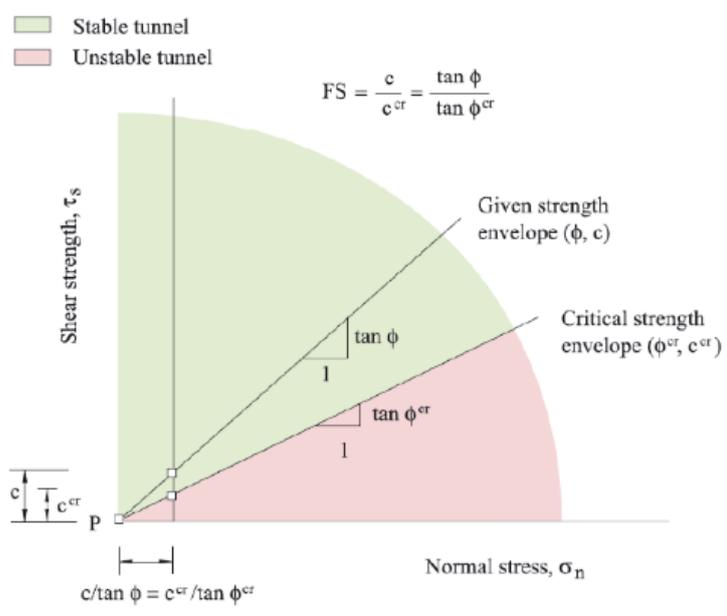


Figura 15. Metodo della riduzione della resistenza utilizzato per il calcolo della pressione di supporto al fronte (Carranza-Torres 2004)

Come si vede dalla figura sopra riportata i parametri di resistenza al taglio sono decrementati sino al raggiungimento della condizione di stato limite del fronte; questo consente la definizione del valore del FS.

Anche per questo metodo si prescrive l'utilizzo dei fattori parziali illustrati nel paragrafo 13.3.1.

NOTA:

Il metodo di C-K è adattabile al caso in cui si operi sottofalda con la possibilità quindi di valutare il delta di pressione stabilizzante lo scheletro solido a cui si dovrà aggiungere la pressione di stabilizzazione della falda.

Si rimanda agli articoli degli autori per ulteriori dettagli teorici ed analitici.

13.3.1.1.4 Verifica di blow-out

Le massime pressioni di esercizio devono evitare che avvengano sollevamenti del piano campagna per raggiungimento della resistenza del terreno.

In accordo alle indicazioni DAUB la verifica a blow-out verrà realizzata secondo la seguente espressione nella quale sono già considerati anche i coefficienti parziali di Tabella 11.

$$1.1 \leq \frac{0.9 \text{ Sigma } v, \text{ calotta, minima}}{\text{Massima pressione al fronte in calotta}}$$

Dove:

- Sigma v, calotta, minima: pressione verticale totale in calotta considerando il minimo peso di volume
- Massima pressione al fronte in calotta: massima pressione al fronte (in calotta) applicabile per prevenire blow-out

A favore di sicurezza, i sovraccarichi dovuti alla presenza degli edifici in superficie non saranno considerati.

13.3.2 Ulteriori indicazioni circa lo scavo con TBM a contropressione di fanghi bentonitici

Dal punto di vista del calcolo della stabilità del fronte si potranno adottare i medesimi metodi di calcolo precedentemente esposti considerando le condizioni geotecniche.

Particolare attenzione dovrà essere posta ad alcuni aspetti legati alla stabilizzazione del fronte per mezzo di fanghi bentonitici:

- Controllo della riduzione del fattore di sicurezza a causa della penetrazione dello slurry dentro il terreno;
- Controllo della micro-stabilità del materiale al fronte.

13.3.2.1 Controllo della riduzione del Fattore di Sicurezza a causa della penetrazione dello slurry

Le TBM con fanghi bentonitici usano una sospensione di bentonite (eventualmente additivata con specifici materiali per conferirle determinate caratteristiche), all'interno della camera di scavo, per trasferire la pressione di supporto al fronte.

Per evitare infiltrazioni di acqua dentro la camera di scavo la pressione di stabilizzazione del fronte deve essere superiore alla pressione idrostatica; a questa si aggiunge un delta di pressione necessario a stabilizzare lo scheletro solido; la definizione di questo delta di pressione (pressione efficace) deve essere stimato con gli opportuni fattori di sicurezza già sopra menzionati. La pressione di supporto (pressione dell'acqua e delta di pressione efficace a stabilizzare lo scheletro solido) viene trasferita alla sospensione bentonitica attraverso un cuscino di aria e questo permette di limitare le fluttuazioni della pressione applicata.

La pressione di supporto viene quindi trasferita al suolo, ma questo avviene qualora i fanghi bentonitici abbiano caratteristiche tali da garantire la formazione della membrana (cake) e che questa sia stabile. In condizioni operative ottimali grazie alla formazione della membrana i flussi

di acqua di falda saranno impediti all'interno della TBM, in condizioni reali è possibile che la sospensione bentonitica tenda ad infiltrarsi nel terreno risultando in una diminuzione della pressione efficace di stabilizzazione dello scheletro solido andando quindi a ridurre il teorico Fattore di Sicurezza calcolato; questo è riassunto nella figura sottostante dove si illustrano i due metodi di lavoro di una macchina a contropressione di fanghi bentonitici:

- Caso 1: Modalità operativa con modello a membrana ideale
- Caso 2: Modalità operativa con infiltrazione della sospensione bentonitica all'interno del suolo

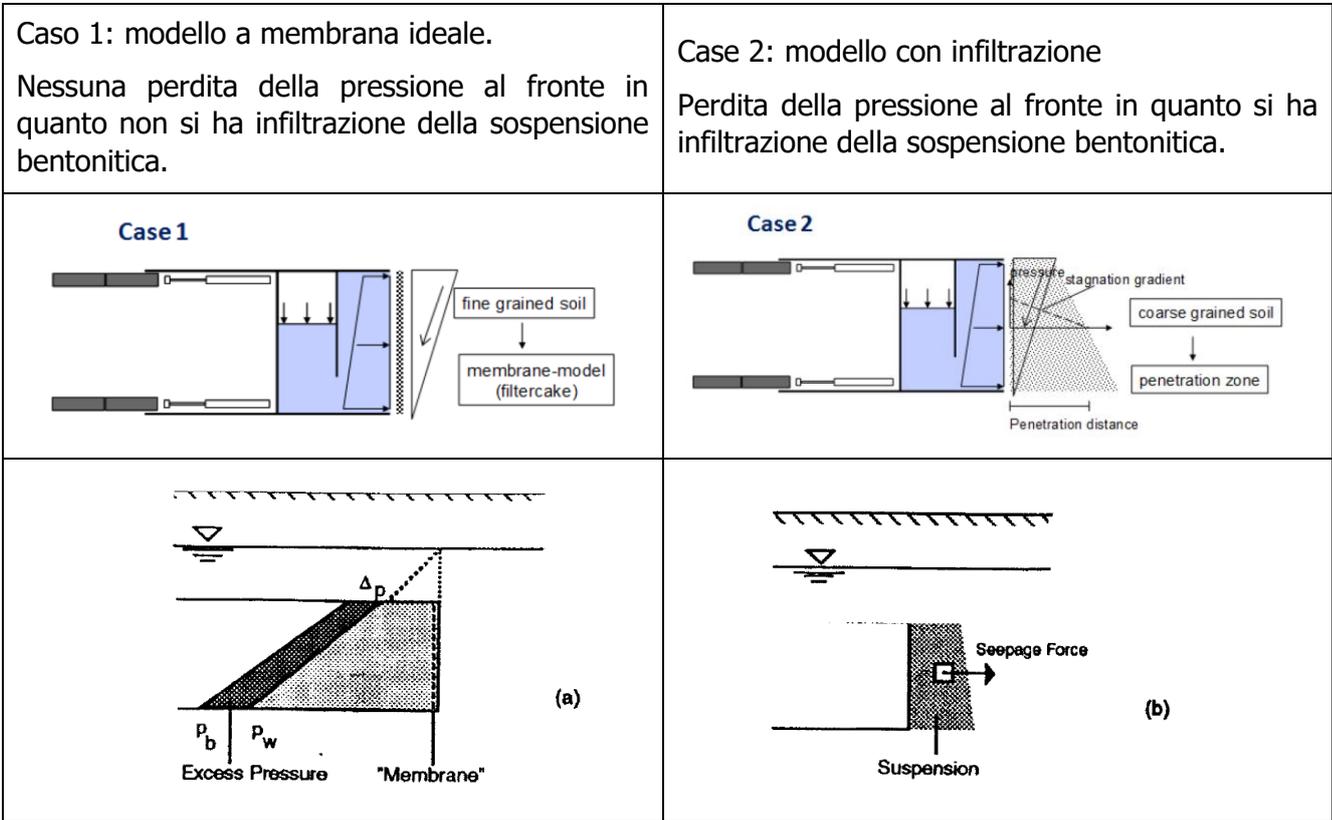


Figura 16. Caso 1) modello a membrana – caso 2) modello con penetrazione dello slurry (Anagnostou & Kovari, 1994)

La capacità di trasferire la pressione al fronte della membrana dipende dal grado di infiltrazione della sospensione bentonitica nel terreno; minore è la infiltrazione e maggiore sarà l'efficienza del trasferimento della pressione di stabilizzazione del fronte. Nel caso limite di infiltrazione trascurabile la pressione al fronte applicata agisce interamente sullo scheletro solido (a meno del bilanciamento della pressione idrostatica). Viceversa, nel caso limite in cui la infiltrazione della sospensione bentonitica sia eccessiva nessuna pressione di supporto verrà trasferita allo scheletro solido con conseguente instabilità del fronte di scavo.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

In accordo alle indicazioni della DAUB la infiltrazione della sospensione bentonitica si interrompe quando questa raggiunge il suo valore e_{max} ; questo valore è correlato al delta di pressione di supporto (Dp - ovvero la pressione di stabilizzazione dello scheletro solido) ed al valore di f_{s0} , definito "stagnation gradient":

$$f_{s0} = \frac{\Delta p}{e_{max}} \quad \text{or} \quad e_{max} = \frac{\Delta p}{f_{s0}}$$

Il valore di "stagnation gradient" dipende direttamente dal valore granulometrico del passante d_{10} e dalle caratteristiche della sospensione bentonitica (DAUB 2016; si veda anche la DIN4127 per il metodo di controllo dei parametri della sospensione bentonitica):

$$f_{s0} = \frac{3.5\tau_f}{d_{10}}$$

Dove

- τ_f : yield point della sospensione bentonitica.

pertanto, la massima infiltrazione della sospensione bentonitica nel suolo può essere ricavata dalla seguente:

$$e_{max} = \frac{\Delta p \cdot d_{10}}{3.5\tau_f}$$

Secondo le DIN 4126, il valore dello stagnation gradient per approssimarsi ad un modello a membrana dovrebbe essere maggiore o uguale a 200kN/m³.

Queste indicazioni permettono la stima del valore di yield point della sospensione bentonitica a cui si associa un modello a membrana.

Nel "-PAT_0" si prescrive di valutare le condizioni di lavoro della TBM definendo i valori operativi per la sospensione bentonitica che portino le condizioni di lavoro secondo il modello a membrana.

Durante lo scavo di un tunnel possono esserci condizioni impreviste dove non si riescano raggiungere queste condizioni; quindi una valutazione di possibili scenari con modelli non a membrana (e quindi con infiltrazione della sospensione bentonitica nel suolo) dovrà essere fatta; questo sarà in accordo a quanto definito da Anagnostou & Kovari 1994 e dalle DAUB 21016; sotto si riporta un esempio di valutazione di riduzione del fattore di sicurezza considerando $d_{10}=0.3\text{mm}$ e tre valori di yield point pari a 10, 7 e 5.5Pa; al diminuire del valore di yield point (e quindi dello *stagnation gradient*) aumenta il valore delle penetrazione dello slurry nel terreno e quindi si perde efficienza nel trasferire la pressione allo scheletro solido; questa valutazione è richiesta (nel caso di utilizzo di macchine a fanghi bentonitici) così da valutare l'entità della riduzione del FS e conseguentemente agire con l'utilizzo di fanghi bentonitici con maggiori yield point.

Quanto sotto è riportato solo a titolo di esempio e non rappresenta in alcuna maniera valori di pressione efficace e/o fattori di sicurezza del caso in esame.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

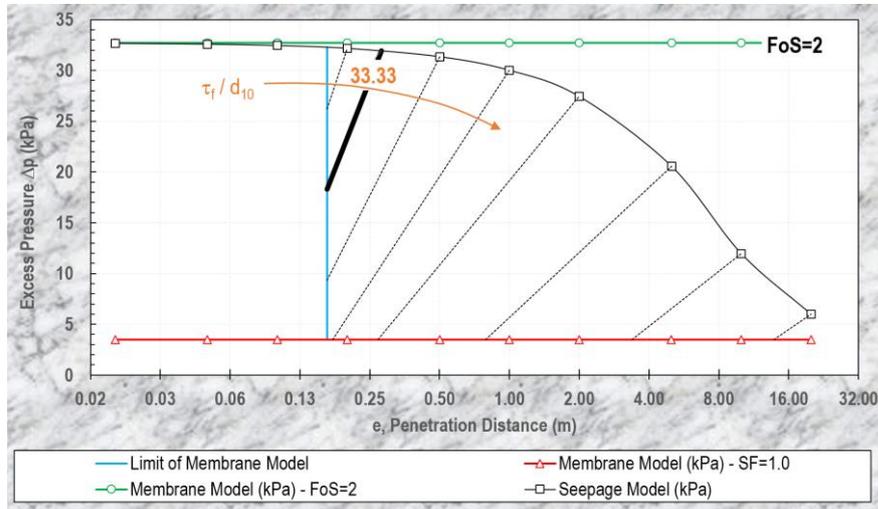


Figura 17. Riduzione del FS con $d_{10}=0.3\text{mm}$ and yield strenght= 10Pa

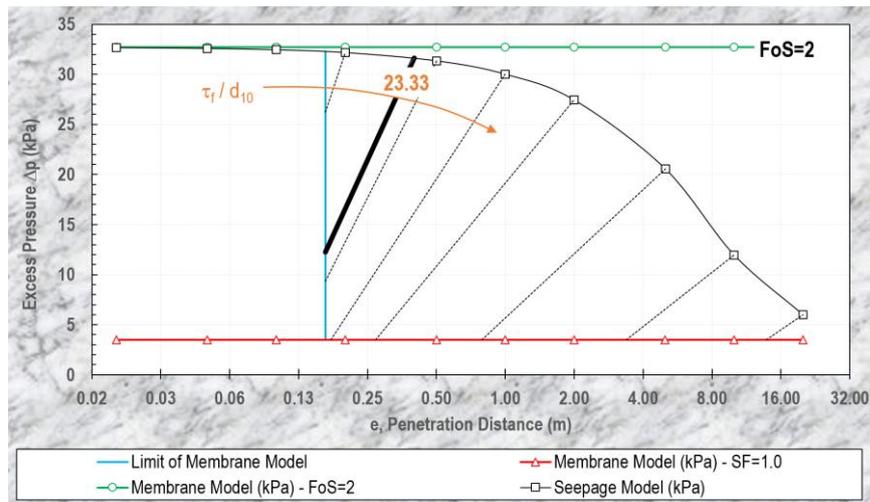


Figura 18. Riduzione del FS con $d_{10}=0.3\text{mm}$ and yield strenght= 7Pa

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

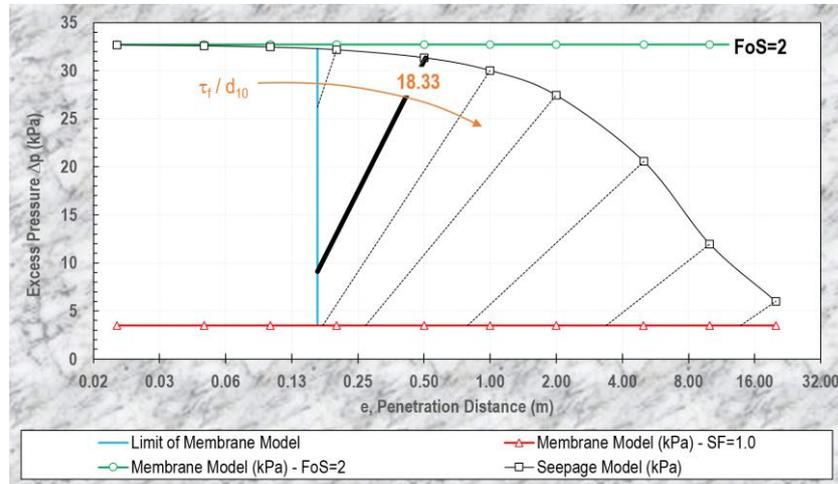


Figura 19. Riduzione del FS con d10=0.3mm and yield strenght= 5.5Pa

13.3.2.2 Verifica della micro-stabilità (collassi locali) al fronte

Per micro-stabilità si intende la rottura di singoli grani o piccoli gruppi di grani; queste rotture possono portare a fenomeni progressivi di instabilità e quindi vanno prevenute così che la TBM con sospensioni bentonitiche possa scavare in condizioni ottimali e sicure. Maggiori densità del fango bentonitico incrementano la micro-stabilità.

La verifica dovrà esser fatta secondo quanto indicato da Jancsecz & Steiner, 1994 e DAUB, 2016:

$$\tau_s \geq \frac{d_{10}}{2\eta_f} \cdot \frac{\gamma_\phi \cdot \gamma_G}{\tan \phi} \cdot (1-n) \cdot (\gamma_s - \gamma_s)$$

Dove:

- τ_s = resistenza al taglio della sospensione bentonitica (yield point), kN/m²
- d_{10} =dimensione dei grani al 10%
- γ_s = peso di volume del suolo, kN/m³
- γ_s = peso di volume della bentonite fresca, kN/m³
- n = porosità del suolo
- η_f = fattore di sicurezza sullo yield point =0.6
- γ_ϕ = Fattore di sicurezza parziale secondo al DIN 1054 → 1.15
- γ_G = Fattore di sicurezza parziale secondo al DIN 1054 → 1.0

13.3.3 Indicazioni operative

I valori di pressione al fronte dovranno essere calcolati secondo i tre metodi sopra descritti:

- COB;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- A&K 1994;
- Caquot & Kerisel (Carranza Torres).

Il confronto dei metodi porterà alla definizione congiunta tra Appaltatore e Stazione Appaltante del metodo da prendere come riferimento. Valutazioni aggiuntive per specifiche condizioni potranno essere sviluppate.

Si dovrà inoltre tenere in conto della variabilità dei parametri geotecnici (parametri di resistenza al taglio e peso di volume) così da definire non un singolo valore di pressione di supporto del fronte ma un intervallo legato ai parametri geotecnici minimi e massimi.

I risultati dovranno quindi essere presentati secondo la logica della Figura 20:

- indicazione della pressione massima di blow-out;
- indicazione della pressione operativa (valore ottenuto con i metodi sopra menzionati);
- indicazione dei limiti di attenzione (range operativo): -5%/+10%;
- indicazione dei limiti di allarme: -10%/+20%;
- indicazione del carico idraulico dovuto alla falda;
- indicazione della superficie topografica.

Nell'asse delle ascisse si dovrà considerare lo sviluppo del tracciato con discretizzazione ad intervalli di 10/20m così da avere una sufficiente precisione lungo la galleria circa la definizione dei parametri macchina.

In caso di utilizzo di EPB-Slurry si dovrà anche presentare (lungo lo sviluppo del tracciato) i valori di Yield Point della sospensione bentonitica tali da garantire una condizione operativa equivalente al modello a membrana prima discusso.

I valori di pressione, calcolati rispetto alla calotta del tunnel, dovranno essere presentati in corrispondenza dei sensori di pressione di cui la TBM sarà provvista.

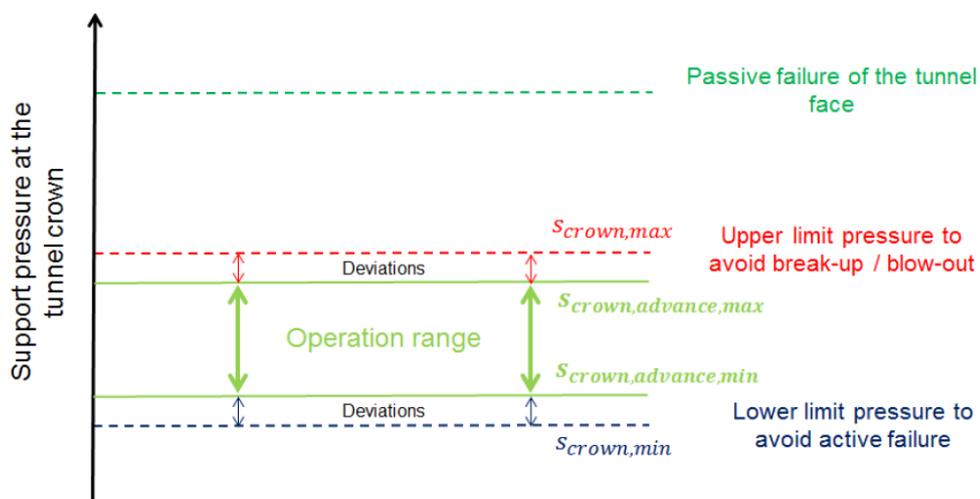


Figura 20. intervallo della pressione operativa di sostegno del fronte, deviazioni ammissibili, valori di blow-out e valori di rottura per spinta passiva ed attiva.

13.4 Densità del materiale nella camera di scavo

La presenza in camera di scavo di un materiale con densità non omogenea può comportare una pressione di supporto del fronte di scavo che, pur essendo pari o maggiore a quella di progetto in alcune zone, non garantisce il sostegno del fronte in altre zone. In particolare, si possono manifestare vuoti nella parte superiore della camera di scavo in seguito a fermi prolungati per assestamento del materiale per effetto del suo peso.

Conseguenza di quanto sopra è l'indispensabilità di definire e verificare che la densità apparente del materiale presente nella camera di scavo a diverse quote sia costante; per far ciò si dovranno fornire i valori di pressione in corrispondenza dei vari sensori della macchina di scavo unitamente ai valori di densità di progetto considerati.

Controllando le differenze di pressione tra sensori posti a differenti altezze sarà quindi possibile valutare la densità del materiale in camera e quindi apprezzarne la sua omogeneità; questa valutazione sarà fatta sui sensori ubicati sia destra che sinistra dell'asse della testa fresante.

13.5 Pressione e volume della miscela iniettata a tergo dei conci

Le iniezioni del vuoto anulare a tergo del rivestimento sono di fondamentale importanza per il controllo dei cedimenti in superficie. La pressione delle iniezioni in coda è assunta pari a quella raccomandata per il sostegno del fronte (alla profondità corrispondente alle linee di iniezione), maggiorata di 50kPa.

I volumi iniettati devono costantemente essere confrontati con quelli teorici calcolati secondo la seguente formula:

$$V_t = S\pi(r_e^2 - r_i^2)$$

dove:

S = lunghezza di avanzamento/anello

r_e = raggio esterno

r_i = raggio interno

Il rapporto tra volume iniettato V_i e volume teorico V_t costituisce le soglie di attenzione e di allarme come di seguito specificato:

- $V_i/V_t > 1.05$ soglia di attenzione
- $V_i/V_t > 1.10$ soglia di allarme

13.6 Peso e volume del materiale scavato

Si dovrà prevedere il calcolo ed il metodo di controllo per il volume scavato; a seconda della TBM utilizzata i metodi di controllo differiranno.

13.6.1 *Macchina a contropressione di terra*

I volumi di scavo teorici sono calcolati secondo la seguente formula:

$$V_t = S\pi(r_s^2)$$

dove:

S = lunghezza di avanzamento/anello

r_s = raggio di scavo

Il controllo tra volumi di scavo teorici e volumi scavati reali potrà essere gestito tramite il peso del materiale scavato e la valutazione del peso di volume rappresentativo del materiale scavato.

13.6.2 *Macchine con fanghi bentonitici*

Il teorico volume scavato è anche in questo caso definito con:

$$V_t = S\pi(r_s^2)$$

dove:

S = lunghezza di avanzamento/anello

r_s = raggio di scavo

Il controllo del peso e del volume scavato con TBM con fanghi bentonitici non sempre risulta tale da consentire un rigoroso controllo del volume (e quindi peso) teorico; con questo tipo di TBM il controllo deve piuttosto essere concentrato sulla valutazione delle tendenze che i valori presentano. Il metodo di calcolo del volume estratto dipenderà dal sistema idraulico (con le sue vane linee di immissione ed estrazione) e quindi dalle specifiche caratteristiche della TBM: in ragione di questo si rimanda all'appaltatore ed al fornitore della TBM la proposta di come valutare il peso ed il volume scavato.

Nel PAT-0 la stima teorica ed il metodo di controllo del peso e del volume dovranno essere trattati definendo anche le soglie di attenzione ed allarme rispetto al metodo di controllo poi utilizzato.

13.7 Presentazione del PAT

Il Piano di Avanzamento della Fresa dovrà essere presentato come relazione tecnica dove i metodi ed i calcoli sviluppati siano presentati e dettagliati così da poter ricostruire nel dettaglio tutto quanto definito.

In questa relazione si dovranno presentare tutti i parametri fondamentali sopra discussi per il controllo dello scavo con TBM (pressione al fronte – volume e pressione delle iniezioni di coda – peso e volume scavato – densità del materiale nella camera di scavo. Nel caso di scavo con slurry si dovranno anche presentare le valutazioni circa le caratteristiche della sospensione bentonitica

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

tali garantire la formazione della membrana; il calcolo del FS nel caso in cui si operi con infiltrazioni dello slurry all'interno del suolo ed i calcoli circa la micro-stabilità del materiale al fronte). Si sottolinea come la modalità operativa con infiltrazione dello slurry non potrà costituire una condizione operativa usuale ma sarà possibile solo per limitate zone di tracciato a causa di condizioni geologiche particolari. L'appaltatore dovrà minimizzare le zone in cui si opererà assumendo un modello non a membrana mettendo a disposizione tutte le mitigazioni necessarie durante le operazioni di scavo.

Lungo il tracciato potranno esserci punti singolari che richiederanno l'utilizzo di parametri macchina che potranno anche esser stati definiti secondo metodi diversi da quelli presentati in questo documento; qualora questo capitasse è richiesto di motivare sia a livello descrittivo che di calcolo le nuove/diverse assunzioni fatte e presentare i risultati ottenuti confrontandoli con quelli ottenuti con i metodi sopra descritti; questo per consentirne la valutazione ed eventuale accettazione.

La relazione dovrà essere completata con tavole grafiche dove i profili longitudinali del tunnel siano corredati da informazioni geologiche e geotecniche unitamente alla previsione di tutti i parametri macchina prima descritti. Inoltre, in questo profilo si dovranno chiaramente indicare tutti i punti singolari (casa interferenze di varia natura o condizioni locali particolarmente delicate) ed i parametri macchina lì previsti.

Qualora richiesto dalla Stazione Appaltante, l'Appaltatore dovrà fornire delle schede con sintesi dei parametri macchina per lunghezze di scavo limitate (circa 50m); queste schede dovranno coincidere con le indicazioni della versione valida del PAT ma potranno riportare con maggiori dettagli i parametri macchina che la Stazione Appaltante andrà a richiedere.

13.8 Criteri per la definizione del piano di contingenza

Il documento PAT dovrà esser accompagnato da un documento nominato "Piano di Contingenza"; in questo verranno al minimo definiti:

- Rischi iniziali;
- Azioni correttive: misure di mitigazione;
- Rischi residui;
- Azioni correttive: contromisure.
- Rischio finale.

Tutti i soggetti interessati dovranno essere univocamente definiti e coinvolti nel Piano di Contingenza e tutte le responsabilità identificate ed attribuite.

13.9 Verifiche strutturali

13.9.1 Modello geotecnico

Il modello geologico – geotecnico e idrogeologico sarà definito sulla base delle indagini geotecniche, delle risultanze delle prove in situ e di laboratorio. La progettazione si baserà sulle informazioni fornite nei profili geologici / geotecnici e nelle relazioni geologiche / geotecniche.

13.9.2 Metodi di scavo e rivestimento definitivo

E' previsto lo scavo meccanizzato attraverso l'uso di Tunnel Boring Machine (TBM) in grado di stabilizzare lo scavo mediante l'applicazione di una pressione al fronte. Il rivestimento del tunnel, che fungerà sia da supporto nella fase di costruzione che nella fase finale, sarà costituito da segmenti prefabbricati in conglomerato cementizio armato installati dalla macchina immediatamente dopo lo scavo.

13.9.3 Descrizione dei criteri generali e metodo di calcolo

I segmenti del tunnel sono soggetti a un'ampia gamma di condizioni di carico:

- In generale gli elementi vengono rimossi dalla cassaforma 12-24 ore dopo il getto. Una sufficiente resistenza iniziale è di primaria importanza per prevenire danni ai bordi e agli angoli durante la rimozione di elementi dalla cassaforma. Durante la rimozione dalla cassaforma l'elemento viene sottoposto a forze di flessione e impatto così come avviene durante l'impilamento, il trasporto e il posizionamento.
- Nella fase di costruzione del tunnel, durante l'avanzamento della macchina, i martinetti spingono sull'anello precedentemente installato. Il carico di compressione applicato dal cilindro di spinta è molto elevato e causa tensioni di trazione negli elementi che si sviluppano ortogonalmente alla direzione di spinta.
- Una volta installati gli elementi che formano il rivestimento del tunnel saranno soggetti ai carichi dovuti alla spinta delle terre e alle pressioni idrauliche oltre al carico accidentale quale, ad esempio, carichi stradali in superfici o carichi in corrispondenza delle fondazioni di edifici esistenti nelle immediate vicinanze del tunnel.

La progettazione del rivestimento viene eseguita, pertanto, secondo il diagramma di flusso della figura che segue, al fine di dimostrare che il rinforzo proposto soddisfi tutti i requisiti dell'applicazione della galleria.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni



Figura 21. Diagramma di flusso per il progetto e verifica del rivestimento

Il progetto e le verifiche delle armature riguardano:

- Armatura trasversale (direzione circonferenziale);
- Armatura longitudinale (direzione della galleria);
- Giunto radiale (tra i conci dello stesso anello);
- Giunto circonferenziale (tra gli anelli) in direzione radiale e circonferenziale.

Le verifiche del rivestimento rispetto ai carichi applicati, vengono condotte utilizzando le NTC 2018 e EC2 secondo il metodo degli Stati Limite. Questa procedura verifica che la resistenza strutturale sia maggiore delle sollecitazioni indotte dal carico. Diversi fattori di carico si applicano a seconda delle condizioni dello stato limite finale e dei materiali utilizzati.

In base a quanto disposto dalle NTC 2018 è possibile utilizzare l'Approccio 1 secondo la combinazione A1+M1+R1 e pertanto verranno impiegate le seguenti combinazioni di carico per la progettazione strutturale del rivestimento.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Tabella 12. Combinazioni di carico per il rivestimento strutturale

Combinazione	Stato Limite considerato	Livello falda idrostatica	Combinazione di carico
SLU 1a	Stato limite ultimo persistente	Costruzione	$1.30 \times SW + 1.30 \times GL + 1.30 \times GWL + 1.3 \text{ EL}$
SLU 1b	Stato limite ultimo persistente	Lungo termine	$1.30 \times SW + 1.30 \times GL + 1.30 \times GWL + 1.3 \text{ EL}$
SLU 2 (malta secondaria)	Stato limite ultimo accidentale	Costruzione	$1.00 \times SW + 1.00 \times GL + 1.00 \times GWL + 1.0 \text{ EL} \times 1.00 \times \text{SGr}$
SLU 3 (terremoto)	Stato limite ultimo accidentale	Lungo termine	$1.00 \times SW + 1.00 \times GL + 1.00 \times GWL + 1.0 \text{ EL} \times 1.00 \times \text{SeisL}$
SLU 4 (fuoco)	Stato limite ultimo accidentale	Lungo termine	$1.00 \times SW + 1.00 \times GL + 1.00 \times GWL + 1.0 \text{ EL (sezione ridotta)}$
SLS 1a	Stato limite di servizio	Costruzione	$1.00 \times SW + 1.00 \times GL + 1.00 \times GWL + 1.0 \text{ EL}$
SLS 1b	Stato limite di servizio	Lungo termine	$1.00 \times SW + 1.00 \times GL + 1.00 \times GWL + 1.0 \text{ EL}$

Dove:

- SW: rivestimento peso proprio
- GL: carico dal suolo
- GWL: Pressione idrostatica dovuta alla falda
- EL: carico di edifici
- SeisL: carico sismico
- SGr: malta secondaria

13.9.3.1 Definizione dei carichi

Rivestimento peso proprio (SW)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Il peso proprio del rivestimento sarà calcolato tenendo conto del peso unitario del calcestruzzo armato come 25 kN/m^3 .

Carico terreno (GL)

Il carico del terreno è considerato attraverso i parametri del terreno e il sovraccarico di ogni sezione critica. Il coefficiente di pressione laterale a riposo (K_0) viene considerato per ogni unità geotecnica in accordo con i parametri geotecnici.

Carico da pressione idrostatica (GWL)

La pressione idrostatica esterna causata dal livello della falda sotterranea agente sul rivestimento del tunnel è calcolata utilizzando la quota di profondità del tunnel fornita negli elaborati geotecnici maggiorata di 1,5 m (livello a breve termine). Per le analisi a lungo termine invece si considera il livello di falda di riferimento aumentato di 4,5 m.

Carico degli edifici (EL)

In corrispondenza di edifici interferenti con lo scavo della galleria, si prevede un sovraccarico dove q_{solai} è ipotizzato a 10 kPa per ogni solaio. L'incremento associato al traffico è assunto pari a 20 kPa.

Carico malta secondaria (SGr)

Il carico della malta relativa al riempimento del vuoto anulare (iniezione secondaria di malta) è considerato un carico variabile agente sulla sezione superiore del rivestimento, come raccomandato da ITA. La pressione della iniezione è assunta pari ad 1 bar sopra la pressione esterna dell'acqua considerata a breve termine per ogni sezione critica.

Carico sismico (SeisL)

Il carico sismico considerato è stato derivato secondo il "Metodo di deformazione", raccomandato nella linea guida ITA "Seismic Design and Analysis of Underground Structures" (2001). L'analisi sismica è sviluppata considerando le condizioni sismiche locali del sito specifico.

Fuoco

L'effetto sopra il rivestimento in anelli di conci di un incendio nel tunnel è considerato nell'analisi strutturale per verificare la sicurezza strutturale e la capacità portante del rivestimento a seguito dell'avvenuto incendio.

L'incremento di temperatura che si registra durante l'evoluzione dell'incendio viene descritto adottando la curva standard temperatura/tempo.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

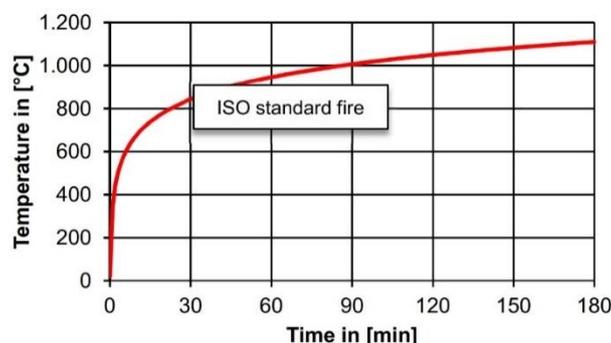


Figura 22. Curva di fuoco standard considerata per la progettazione al fuoco

Carichi temporanei applicati ai conci e all'anello

Lo scasso, la movimentazione, il trasporto, lo stoccaggio e l'installazione di conci inducono carichi temporanei i cui effetti devono essere verificati anche considerando i diversi livelli di maturazione del calcestruzzo.

Per le condizioni di spinta della TBM si assumeranno i carichi massimi trasmessi dai martietti considerando le dimensioni effettive delle scarpe e considerando anche un'eccentricità rispetto all'asse dell'anello.

Tabella 13. Combinazioni di carico per carichi temporanei applicati ai conci

Situazione	Fattori di carico in SLU	Fattori di carico in SLS
Scasseratura/ assemblaggio dell'anello	1,30 x 1,50 (fattore dinamico)	1,00
Movimentazione	1,30 x 1,50 (fattore dinamico)	1,00
Trasporto	1,30 x 1,50 (fattore dinamico)	1,00
Stoccaggio	1,30	1,00
Spinta TBM	1,00	1,00

13.9.4 Analisi strutturale e verifiche del rivestimento durante il processo di prefabbricazione, movimentazione, stoccaggio, avanzamento della TBM e fase di servizio

I principi generali del progetto del tunnel sono:

- Stabilità per tutte le fasi temporanee di costruzione e fase permanente.
- Impatto accettabile sull'ambiente circostante (concentrandosi su un impatto limitato sugli edifici e sulle preesistenze).

- Evitare interferenze con servizi pubblici esistenti e installazioni sotterranee.

In generale, nella progettazione del rivestimento in conci devono essere considerati diversi casi di carico per tenere conto di tutte le azioni significative persistenti, transitorie e accidentali.

13.9.4.1 Condizioni di carico transitorie

- Estrazione dal cassero.
- Prima movimentazione.
- Stoccaggio.

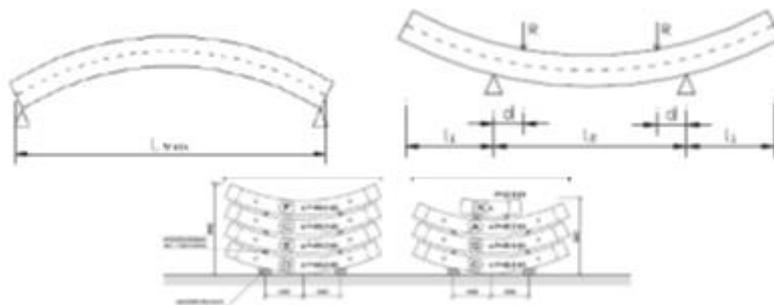


Figura 23. Condizioni di carico transitorie

13.9.4.2 Condizioni durante l'avanzamento della macchina

Durante l'avanzamento della macchina di scavo è necessario eseguire le seguenti verifiche:

- Verifica al sollevamento del conco dall'erettore.
- Verifiche della pressione di contatto sotto le scarpe dei martinetti di spinta.
- Verifica delle trazioni indotte nel calcestruzzo sotto le scarpe dei martinetti di spinta.

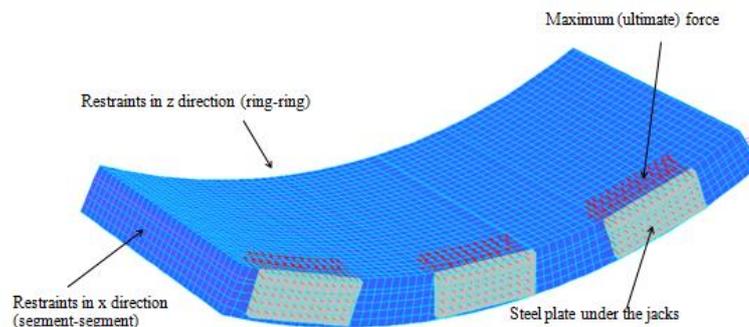


Figura 24. Applicazione della spinta sui conci

13.9.4.3 Verifica durante la fase di esercizio

- Spinta del suolo.
- Pressione dell'acqua.
- Sovraccarichi stradale in superficie.
- Sovraccarichi dovuti alla presenza di edifici o altre preesistenze.
- Azioni sismiche.

13.9.4.4 Analisi

Le analisi sono state eseguite mediante software FEM utilizzando modelli bidimensionali in condizione di deformazioni piane. Le fasi di scavo e del rivestimento del tunnel sono simulate in un'unica fase di calcolo al fine di tener in conto per intero i carichi agenti sul tunnel e quindi massimizzare le sollecitazioni sul rivestimento in conci.

Nelle analisi effettuate si è assunto un comportamento di tipo elastico-plastico, adottando il criterio di rottura denominato Mohr – Coulomb.

Durante la prima fase delle analisi numeriche, lo stato esistente in situ prima dell'inizio dello scavo del tunnel, sarà imposto al modello applicando carichi geostatici rappresentative delle condizioni a riposo (K_0).

Nelle analisi al modello verranno applicati carichi aggiuntivi sulla superficie del terreno per simulare i carichi dovuti agli edifici quando presenti o al traffico veicolare in superficie.

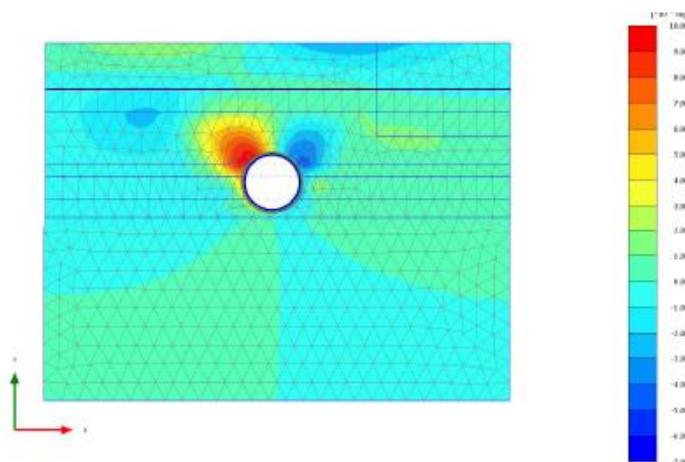


Figura 25. Esempio di modellazione 2D per un tunnel in scavo meccanizzato

13.9.5 Zona d'influenza degli scavi

La zona d'influenza minima è rappresentata da un trapezio come illustrato nella figura seguente.

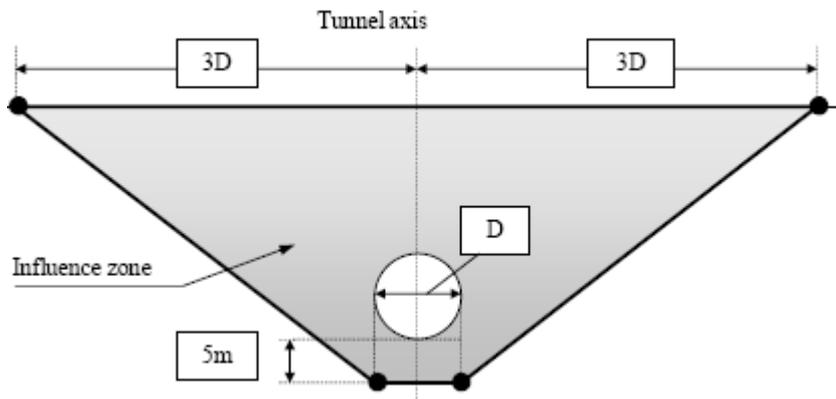


Figura 26. Zona di influenza minima per scavi

13.10 Conclusioni

Nel presente documento si sono illustrati i principi secondo cui le Procedure di Avanzamento Fresa (PAT) dovranno essere sviluppate ed i criteri di verifica del rivestimento definitivo in anelli prefabbricati in c.a..

Relativamente al PAT, le indicazioni riportate nel presente documento si riferiscono a quei parametri macchina tramite il cui controllo è di fatto possibile valutare la qualità dello scavo – questo nell’ottica di minimizzare le interferenze con il sottosuolo circostante (e di conseguenza anche con la superficie).

I principali parametri macchina che dovranno essere trattati nel PAT sono:

1. pressione di supporto dei fronti di scavo;
2. densità del materiale nella camera di scavo;
3. pressione e volume della miscela iniettata;
4. peso e volume del materiale scavato.

Questi ed altri dati macchina dovranno essere raccolti in tempo reale dall’Appaltatore e messi a disposizione (a tutte le parti interessate del progetto) tramite sistemi informatici.

Personale specializzato dovrà essere incaricato di analizzare i dati raccolti e valutarli unitamente ad altri dati a disposizione quali i monitoraggi e parametri meccanici della TBM (es: spinta - coppia); questo con il fine di poter redigere periodica documentazione sullo stato di avanzamento della macchina e sugli eventuali scostamenti che lo scavo potrà avere rispetto a quanto definito nella progettazione (questa situazione potrà innescare un aggiornamento del PAT oltre che a tutto quanto previsto nel piano di contingenza).

Il documento PAT risulterà essere un documento vivo ed in costante aggiornamento in funzione delle informazioni che verranno raccolte durante le varie fasi progettuali (es: nuovi sondaggi) e

durante gli scavi della galleria (studio ed analisi combinata dei parametri macchina e dei dati di monitoraggio).

13.11 Bibliografia

Di seguito sono indicate le principali pubblicazioni scientifiche considerate.

- Guglielmetti, V., Grasso, P., Ashraf, M., Xu, S., (2008). Mechanized Tunnelling in urban areas. Taylor & Francis. 507 pp.
- Broere, W. (2001). Tunnel Face Stability and New CPT Applications. Ph.D Thesis – Technical University of Delft, www.library.tudelft.nl, 194 pp.
- Centrum Ondergronds Bouwen (COB) (1996). Parameterset voor de predicties. Technical Report K100-W-004.
- Jancsecz, S., Steiner, W., (1994). Face Support for a Large Mix-Shield in Heterogeneous Ground Conditions. Tunnelling 94, 531-550.
- Anagnostou G. & Kovari, K. (1994), Stability analysis for tunnelling with slurry and EPB shields.
- Anagnostou G. & Kovari, K. (1994), The Face stability in Slurry-shield-driven Tunnels. Tunnelling and Underground Space Technology No. 2 1994, pp. 165-174.
- Horn, N. (1961). Horizontaler Erddruck auf senkrechte Abschlussflächen von Tunnelröhren. Landeskongress der Ungarischen Tiefbauindustrie, 7–16.
- Janssen H. A. (1895) Versuche über Getreidedruck in Silozellen. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band XXXIX, No. 35, pp. 1045-1049 (in German)
- Protodyakonov, M.M. (1907). Rock Pressure on Mine Support (Theory of Mine Support) [in Russian], Tipografiya Gubernskogo Zemstva, Yekaterinoslav
- Terzaghi, K., (1943). Theoretical soil mechanics, New York: Wiley, 1943
- R. L. Handy, The arch in soil arching. J. Geotech. Eng., 111 (1985), 302–317.
- K. Terzaghi, Stress distribution in dry and in saturated sand above a yielding trap-door, Proceedings of First International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Cambridge, Massachusetts, (1936), 307–311.
- Carranza-Torres, C. 2004. Report to Geodata S.p.A., Turin, Italy: Computation of factor of safety for shallow tunnels using caquot's lower bound solution. Technical report, Itasca Consulting Group, Minneapolis.

13.12 Raccomandazioni

- Deutscher Ausschuss für Unterirdisches Bauen e. V., DAUB (2016). Recommendations for Face Support Pressure Calculations for Shield Tunnelling in Soft Ground. German Tunnelling Committee (ITA-AITES), 64 pp.
- Raccomandazioni AFTES: GT4R4A1 – Slurry for use in Slurry shield TBM - 2005

14. STRUTTURE DEFINITIVE INTERNE

14.1 Introduzione

Tutti gli elementi strutturali saranno concepiti e progettati in modo tale da garantire che le sollecitazioni, gli spostamenti e le deformazioni, che possono derivare dalle combinazioni più sfavorevoli di carico, non superino in alcun modo il limite oltre il quale detti elementi strutturali possano perdere la loro capacità portante o di resistenza sia nella fase di costruzione sia per la fase di lungo termine e di esercizio.

14.2 Descrizione dei criteri e metodi di calcolo

L'analisi strutturale sarà condotta mediante il programma di calcolo automatico ad elementi finiti Robot della Autodesk (o software similari tipo SAP2000, Tekla, ecc... che garantiscano l'interoperabilità con i modelli Revit tramite IFC senza perdita dei dati), la struttura sarà schematizzata attraverso elementi finiti *frame*.

Saranno quindi analizzati due modelli per le due fasi principali:

- Fase provvisoria che considera:
 - la soletta di copertura con asole provvisorie, appoggiata sui diaframmi e/o in corrispondenza di eventuali elementi strutturali provvisori (p. es. barrette provvisorie);
 - le solette intermedie incernierate ai diaframmi e/o agli eventuali elementi strutturali provvisori;
 - la stazione scavata fino all'intradosso del solettone di fondo.
- Fase definitiva che considera:
 - la soletta di copertura, appoggiata sulle fodere e in corrispondenza dei setti definitivi;
 - la soletta atrio incernierata alle fodere ed agli eventuali setti definitivi;
 - la soletta mezzanino incastrata alle fodere ed agli eventuali setti definitivi;
 - Il solettone di fondo incastrato alle fodere e agente su suolo elastico alla Winkler;
 - la falda agente sulle fodere e sul solettone di fondo, la cui quota di progetto è ottenuta dal valore del livello piezometrico di riferimento +3m.
- Fase definitiva a lungo termine:
 - in questa fase si considera l'effetto del *fluage* (solo in condizione SLE); per simulare il *fluage* delle strutture in cls sotto carico costante si applica al modulo elastico del CLS un coefficiente di riduzione pari a 2.75.

Le verifiche saranno condotte considerando l'involuppo delle sollecitazioni massime ottenute dai due modelli di calcolo.

Negli elementi *shell* il calcolo delle sollecitazioni sarà eseguito con il metodo di Wood&Armer (1968) secondo gli assi locali.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- $M_{xx} (+)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre superiori in direzione x
- $M_{xx} (-)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre inferiori in direzione x
- $M_{yy} (+)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre inferiori in direzione y
- $M_{yy} (-)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre superiori in direzione y
- $N_{xx} (-)$ = Sforzo assiale (W&A) in direzione x
- $N_{yy} (-)$ = Sforzo assiale (W&A) in direzione y
- $Q_{(1-2)}$ = Sollecitazione di taglio combinato
- U_z = Spostamenti verticali in direzione z

Negli elementi *beam* il calcolo delle sollecitazioni sarà eseguito secondo gli assi locali.

- $M_y (-)$ = Momenti flettenti che tende le fibre superiori in direzione x
- F_z = Sollecitazione di taglio
- U_z = Spostamenti in direzione z

14.2.1 Analisi statica non lineare

L'analisi strutturale sarà effettuata con il metodo degli elementi finiti con l'ausilio del software Robot della Autodesk (o software similari tipo SAP2000, Tekla, ecc... che garantiscano l'interoperabilità con i modelli Revit tramite IFC senza perdita dei dati), considerando tutte le azioni agenti, i vincoli e le condizioni al contorno che interessano la struttura. Il metodo si baserà sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle 3 coordinate cartesiane di un sistema di riferimento globale. Le parti strutturali saranno simulate mediante elementi finiti quadrangolari e triangolari di dimensioni 50x50cm tipo "plate-shell". L'analisi strutturale sarà condotta con il metodo dell'analisi statica non lineare.

Per simulare adeguatamente il comportamento del terreno saranno introdotte delle molle alla Winkler con reazione solo a compressione.

14.2.2 Carichi applicati

Per i carichi applicati ad integrazione di quanto specificato nel paragrafo 10.5, si precisa quanto segue.

14.2.2.1 Peso proprio

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali (CLS) pari a:

$$\gamma_{cls}=25.0 \quad \text{kN/m}^3$$

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

14.2.2.2 *Permanenti portati – Solaio di copertura*

Per le analisi delle strutture interne, si considereranno oltre al ricoprimento effettivo, ulteriori 0,50m per tenere in conto eventuali variazioni longitudinali del ricoprimento. Si assume in favore di sicurezza un peso dell'unità di volume pari a:

$$\gamma_{\text{interro}}=20.0 \quad \text{kN/m}^3$$

A titolo indicativo, si riportano di seguito i carichi permanenti portati dalle solette:

- Soletta copertura: spessore medio massetto pendenze 15cm
- Soletta atrio: spessore pavimentazione 15cm
- Soletta mezzanino: spessore pavimentazione 15cm
- Soletta banchina: spessore pavimentazione 10cm
- Soletta fondo: ricarica fino a piano ferro, $q=24\text{kN/m}^3$
- Tramezzi distribuiti: per tenere conto dei muri divisorii interni è stato considerato un carico permanente pari a 2kPa

14.2.2.3 *Spinta del terreno*

Considerato che tra i diaframmi e le fodere esiste una separazione dovuta al pacchetto impermeabilizzante e che i solai hanno una rigidità notevolmente superiore a quella delle fodere, si può ipotizzare che la spinta del terreno agisca esclusivamente sui diaframmi e da questi venga trasmessa ai solai di stazione.

Gli effetti della spinta orizzontale, per le strutture interne, cautelativamente saranno presi in considerazione tenendo conto del coefficiente di spinta a riposo del terreno (K_0).

14.2.2.4 *Spinta della falda*

Per la definizione dei livelli di falda utilizzati delle analisi si veda paragrafo 10.8.

14.2.2.5 *Sovraccarico stradale*

Fatte salve situazioni singolari dove il ricoprimento non ha uno spessore adeguato a ridistribuire i carichi stradali da normativa agenti sull'estradosso della soletta (per queste configurazioni rimangono valide le indicazioni definite dalle NTC2018), per simulare la presenza di circolazione di traffico stradale bisognerà considerare un sovraccarico stradale pari a 20 kPa applicato uniformemente su tutto il solaio di copertura e come spinta dal solo lato di azione del sisma. Tale sovraccarico sarà considerato anche in fase di costruzione quale carico di cantiere e/o riapertura al traffico.

14.2.2.6 *Sovraccarico di esercizio*

A titolo indicativo, si riportano di seguito i sovraccarichi di esercizio:

- Locali aperti al pubblico (atrio, mezzanino, banchine): 5 kPa

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- Locali tecnici di sistema (PS, PET, PEF, PL, batterie, PR): 15+5 kPa (a titolo indicativo si considerata il carico concentrato di 80 kN come distribuito di 5kPa) *
- Locali tecnici non di sistema e sottobanchine: 10 kPa

*Per lo stato limite di esercizio saranno utilizzati i coefficienti di amplificazione dei carichi relativi alla categoria E secondo la tabella 2.5.I delle NTC 2018 norma tecnica.

Questi carichi dovranno essere confermati dal detentore del Sistema all'avvio della progettazione esecutiva.

14.2.2.7 Azione sismica

La caratterizzazione sismica dell'area è definita nel paragrafo 10.6 al quale si rimanda per maggiori dettagli.

L'azione del sisma sarà applicata in direzione +/- X, +/- Y.

Per scatolari non in grado di spostarsi, le spinte delle terre saranno calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni; l'incremento dinamico di spinta del terreno sarà calcolato secondo la teoria di (WOOD 1973)

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

Questa spinta sarà applicata uniformemente distribuita lungo l'altezza h_{tot} .

14.2.2.8 Azioni termiche

Gli effetti della variazione di temperature nel caso specifico trattandosi di opera in sotterraneo sono trascurabili e per tanto potranno non essere presi in conto.

14.2.2.9 Effetti ritiro e viscosità

Negli elementi strutturali dovranno essere debitamente valutati gli effetti del ritiro e della viscosità, i quali sono particolarmente significativi per strutture in cemento armato precompresso in quanto riducono l'azione della precompressione.

Relativamente agli effetti del ritiro, con riferimento ad elementi strutturali piani orizzontali, saranno contrastati dalla presenza dell'armatura minima da predisporre. Relativamente agli effetti che la contrazione dei solai provoca sugli elementi verticali (fodere e diaframmi), sarà necessario condurre adeguate valutazioni per verificare se gli accorciamenti sono assorbiti dalla capacità deformativa e resistente degli elementi in questione.

Gli effetti della viscosità saranno presi in conto relativamente alla deformata a lungo termine dei solai e per determinare le azioni all'interfaccia tra fodere e diaframmi, considerando un valore ridotto del modulo elastico dei diaframmi che, riducendone la relativa rigidità, permette di determinare il carico orizzontale a lungo termine che si trasferisce alle fodere.

15. OPERE MINORI

15.1 Opere minori

15.1.1 Accessi VV.F., Pozzi di ventilazione, Uscite di sicurezza

Lungo il tracciato della linea il progetto prevede una serie di manufatti con funzione di accesso per i Vigili del Fuoco, camere di ventilazione ed uscite di sicurezza.

La definizione di tali strutture riveste grande importanza nel più ampio contesto del progetto di sicurezza della linea, soggetto alle approvazioni ed autorizzazioni degli Enti e Commissioni all'uopo preposte.

La posizione e configurazione di tali manufatti deve tenere conto sia degli ingombri dei macchinari che devono ospitare, sia della loro emergenza in superficie.

A tale fine la localizzazione dell'emergenza dovrà essere progettata sulla base dell'accurato rilievo di superficie, dei sottoservizi eventualmente interferenti e della sistemazione futura definitiva dei siti.

Le camere di ventilazione lungo linea costituiscono parte essenziale dell'impianto di ventilazione di galleria che ha lo scopo di ricambiare l'aria durante il normale esercizio di linea e di evacuare i fumi prodotti da un eventuale incendio.

In ogni manufatto di ventilazione, vengono installati ventilatori assiali silenziati, con funzionamento totalmente reversibile, per la movimentazione dell'aria in galleria.

La ventilazione meccanica delle gallerie, che dovrà essere studiata in dettaglio per tener conto anche delle caratteristiche del Sistema e del materiale rotabile individuati nelle successive fasi di progettazione, ha anche lo scopo di smaltire il calore dissipato lungo la linea ciò anche al fine di garantire la qualità termoigrometrica dell'aria in sotterranea.

Tutti i manufatti saranno completi degli impianti ad essi relativi, elettrici, antincendio, meccanici, etc., da interfacciarsi con il Sistema secondo quanto previsto nel relativo Documento di interfaccia.

15.1.2 Aggottamenti e drenaggi

Lungo tutto lo sviluppo della galleria di linea e delle stazioni sarà previsto un sistema di raccolta, canalizzazione ed accumulo delle acque di lavaggio della linea, del sistema antincendio e/o che comunque si dovessero infiltrare all'interno dei manufatti fino alle camere di aggottamento.

Queste ultime saranno ubicate nei punti di minimo della linea ed eventualmente anche in stazione o in altri punti che si rendessero necessari in funzione delle portate previste ed alle dimensioni dei canali di smaltimento.

Nelle suddette vasche, dimensionate in funzione della quantità d'acqua affluente, è prevista l'installazione delle elettropompe di sollevamento in numero tale da assicurare sia la riserva sia le emergenze con relativi sistemi di allarme collegati con il Posto centrale di controllo e comando.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Tutti i recapiti, sia di acque nere che chiare, avverranno nel rispetto della normativa vigente e dovranno essere indicati a livello di progetto esecutivo.

L'Appaltatore dovrà altresì fornire alla Stazione Appaltante tutto il supporto tecnico necessario per il rilascio dell'autorizzazione allo scarico delle acque reflue delle stazioni e dei pozzi intertratta (in galleria), da parte degli Enti competenti, predisponendo la relativa modulistica e documentazione progettuale.

15.1.3 Pozzi di servizio per calaggio attrezzature di scavo, smarino, etc.

Il progetto dovrà altresì definire il numero ed ubicazione dei pozzi di servizio da utilizzarsi durante le fasi di cantiere ai fini del calaggio delle attrezzature, comprese quelle che serviranno per le opere di Sistema.

Il progetto deve pertanto prevedere la loro utilizzazione ed il loro esercizio sia nella fase transitoria di cantiere che nella fase di destinazione d'uso finale a lavori ultimati con la realizzazione dei relativi manufatti definitivi.

In particolare, il calcolo e le verifiche ed il dimensionamento delle relative strutture dovranno tenere conto dei due livelli di esercizio di tali manufatti.

15.2 Consolidamenti ed Opere di presidio

15.2.1 Consolidamenti

Il Progetto Definitivo prevede la realizzazione di una serie di interventi di consolidamento del terreno atti a modificare le caratteristiche meccaniche e di permeabilità dello stesso. Tali interventi sono realizzati utilizzando jet grouting o iniezioni cementizie di impregnazione (a pressioni e volumi controllati) e si rendono necessari sia per l'impermeabilizzazione del fondo scavo delle stazioni, pozzi e manufatti scavati in falda, sia per l'esecuzione dello scavo delle diverse tratte di galleria (artificiale, a foro cieco e in scavo meccanizzato). A tal proposito, nel Progetto Definitivo sono state individuate diverse sezioni tipologiche, per ciascuna delle quali è previsto uno specifico intervento di consolidamento, dalla superficie, dalle stazioni/pozzi della linea, da pozzi costruttivi mediante l'ausilio di perforazioni teleguidate, e/o dal fronte di scavo della galleria.

L'Aggiudicatario, nella redazione del Progetto Esecutivo svilupperà nel dettaglio le soluzioni previste nel Progetto Definitivo, fatta salva la possibilità di proporre soluzioni alternative, nel rispetto delle condizioni di sicurezza e stabilità, da sottoporre all'esame del Committente, per la relativa approvazione.

15.2.2 Opere di presidio fabbricati

Per quel che riguarda la difesa dei fabbricati durante la fase di Progettazione Esecutiva sarà necessario affinare le indagini volte alla definizione degli edifici interferiti sia direttamente che indirettamente dagli effetti indotti dagli scavi delle opere, per i quali potrà risultare necessario prevedere provvedimenti di salvaguardia prima dell'avvio delle lavorazioni.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Con la Progettazione Esecutiva, sarà necessario effettuare analisi di subsidenza di dettaglio al fine di verificare eventuali effetti negativi indotti dalle opere in costruzione sugli edifici adiacenti.

In linea generale non si procederà ad interventi diretti sulle fondazioni se non nei casi di grave e non eliminabile interferenza mentre nella generalità dei casi saranno invece attuati interventi di protezione passiva, costituiti da paratie e/o schermi di iniezioni cementizie.

In particolare, preventivamente alla fase di esecuzione degli scavi (scavi della galleria di linea, scavo delle stazioni, dei pozzi e manufatti), al fine di limitare gli effetti indotti dai bacini di subsidenza, si dovrà valutare l'eventuale necessità di prevedere l'esecuzione di una serie di interventi di presidio dei fabbricati ubicati nelle immediate adiacenze delle opere oggetto del presente Appalto.

Nel Progetto Esecutivo dovrà altresì essere definito un adeguato piano di monitoraggio in continuo delle preesistenze con restituzione dei dati in "tempo reale" su piattaforma GIS.

15.2.3 Opere di presidio sottoservizi

Nella tratta in progetto sono presenti diversi sottoservizi il cui censimento è riportato nella cartella 4.7 del Progetto Definitivo. Nel corso del Progetto Esecutivo bisognerà verificare lo stato di conservazione di tutti i sottoservizi interferenti, e, laddove necessario definire, di concerto con il Committente e con l'Ente Gestore, gli eventuali interventi di presidio.

L'Aggiudicatario potrà altresì proporre eventuali soluzioni alternative atte a preservare l'integrità del sottoservizio.

In ogni caso, tutte le soluzioni individuate dovranno essere condivise ed ottenere l'approvazione da parte dell'Ente Gestore.

Lo sviluppo del Progetto Esecutivo delle opere di presidio dovrà altresì prevedere:

1. affinamento del modello di calcolo delle subsidenze;
2. progetto di dettaglio dell'intervento previsto in progetto con definizione delle relative specifiche tecniche;
3. progetto di Piano di Monitoraggio in continuo delle preesistenze, da attivarsi già nella fase di esecuzione delle perforazioni, con restituzione dei dati in "tempo reale" su piattaforma GIS. Tale sistema di monitoraggio dovrà essere attivato preventivamente alle operazioni di perforazione.

16. MONITORAGGIO GEOTECNICO STRUTTURALE

Il Progetto Esecutivo dovrà comprendere il piano di monitoraggio geotecnico-strutturale, delle opere presenti lungo la linea, quali: la galleria artificiale/naturale, le stazioni, i pozzi ed i manufatti in generale, sia durante le fasi di scavo che in fase di esercizio.

Il piano di monitoraggio geotecnico-strutturale da redigere, si baserà essenzialmente sui seguenti principali criteri di scelta e di progettazione, riassumibili in:

- tipo di grandezza da misurare e precisione della misura in funzione dell'obiettivo del monitoraggio;
- uniformità di segnale elettrico in ingresso ed in uscita e facilità nei cablaggi elettrici;
- uniformità nel tipo di cavo e nei collegamenti;
- presenza di protezioni elettriche e meccaniche nella strumentazione;
- minimo ingombro dei cavi e dei cablaggi;
- tempi e vincoli di installazione, in relazione alle fasi costruttive dell'opera;
- identificazione immediata del singolo sensore e facilità di misura;
- facilità di manutenzione dei possibili componenti del sistema di monitoraggio;
- affidabilità del sistema, sia del singolo componente, che dell'intera struttura;
- ridondanza delle misure, sia per assicurare l'affidabilità del sistema, sia per garantire la qualità del singolo dato;
- tempistica nell'esecuzione della misura correlata alle principali attività costruttive; elasticità nell'utilizzo e nella interpretazione dei singoli dati provenienti dai sensori in campo;
- modalità univoca e quanto più rappresentativa possibile rispetto all'architettura del sistema, per quanto riguarda l'archiviazione e la presentazione dei dati.

L'obiettivo del monitoraggio in corso d'opera sarà quello di verificare che lo stato tenso-deformativo delle strutture nelle diverse fasi di costruzione e definitiva rispetti quello assunto in fase di dimensionamento e di verificare l'influenza del manufatto in costruzione sulle preesistenze presenti lungo la linea. Dovrà pertanto essere previsto un apposito piano di monitoraggio, che prevedrà al suo interno misure di tipo topografico, estensimetrico, inclinometrico, tensionale, piezometriche, vibrazionale.

In tale piano dovranno essere indicate inoltre le sezioni tipo di monitoraggio che, una volta completata l'opera, permetteranno il controllo della struttura in relazione alla durabilità dei materiali impiegati ed alla vita utile dell'opera.

Per quanto riguarda i parametri da porre sotto osservazione, questi sono logicamente dipendenti dalla tipologia di opera a cui si riferiscono, ma a prescindere dall'opera (gallerie di linea, pozzi e stazioni, fabbricati), le principali problematiche che in generale si potranno riscontrare e che quindi sarà necessario monitorare nella fase costruttiva, riguardano prevalentemente:

- verifica dello stato tenso-deformativo della struttura e delle interazioni con l'ammasso di terreno circostante lo scavo;
- verifica delle convergenze del cavo, sia sul sostegno strutturale di prima fase che sul rivestimento definitivo della galleria;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- controllo delle variazioni di quota che la superficie topografica può subire in concomitanza con le fasi di avanzamento dello scavo;
- verifica e controllo delle variazioni della superficie piezometrica e dei livelli idrici presenti nei terreni oggetto di scavo, a causa della riduzione, in regime idrodinamico, della capacità di resistenza al taglio di alcuni tipi di terreno, in considerazione anche della costruzione di un'opera che può svilupparsi completamente o in parte in terreni saturi dal punto di vista idrogeologico;
- nel caso che si operi con tecniche di congelamento, verifica delle temperature dell'ammasso;
- localizzazione di possibili interferenze con sottoservizi, manufatti interrati, cavidotti ed emergenze archeologiche, prima delle fasi d'inizio di esecuzione e scavo dell'opera;
- verifica della stabilità dei terreni di fondazione dei fabbricati che possono essere interessati dalla presenza degli scavi in sottoterraneo;
- verifiche sulla staticità dei fabbricati adiacenti alle aree di scavo, cioè verifica degli eventuali cedimenti differenziali dei fabbricati, legati ad eventuali cedimenti delle proprie fondazioni;
- variazioni in apertura o in chiusura di lesioni sulle opere, all'uopo createsi o già preesistenti.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella definizione del Piano di Monitoraggio da mettere in atto, durante la fase di esecuzione dei consolidamenti (perforazione e iniezione) qualora, nel corso della progettazione, dovessero emergere queste necessità.

Il piano di monitoraggio può avvenire anche avvalendosi di metodi e strumenti di gestione digitale per la ricezione immediata dei dati e la loro interpretazione, attraverso l'utilizzo degli strumenti sopra descritti in modalità "IoT", al fine di integrarli in apposita piattaforma digital twin come meglio descritto nel capitolato informativo.

17. STUTTURE IN ELEVAZIONE

17.1 Introduzione

Le strutture in elevazione saranno edifici multipiano in c.a., c.a.p. e strutture metalliche, dotate di fondazioni indipendenti o da edificare al di sopra di strutture interrato (i.e. solette di copertura delle stazioni), per le quali sarà necessario lo sviluppo della progettazione integrata.

17.2 Descrizione dei criteri e metodi di calcolo

Per la progettazione strutturale degli edifici/strutture in elevazione, bisognerà procedere con la definizione dello schema architettonico/strutturale, a partire dalla documentazione del Progetto Definitivo, eventualmente adattata alle specifiche esigenze del Sistema. Conseguentemente bisognerà elaborare il modello strutturale tridimensionale con metodologia BIM, quindi condurre i dimensionamenti e le verifiche in conformità con la normativa in vigore.

La sequenza delle operazioni necessarie per condurre i dimensionamenti e le verifiche di strutture in elevazione sono:

- Definizione dello schema architettonico/strutturale della struttura
- Analisi dei carichi in condizioni statiche e combinazioni di carico adottate
- Progettazione e verifica statica dell'edificio
- Identificazione dello spettro di riferimento
- Verifica delle caratteristiche di regolarità strutturale
- Definizione delle masse sismiche
- Scelta della classe di duttilità
- Calcolo del coefficiente di comportamento
- Calcolo dello spettro di progetto
- Calcolo delle sollecitazioni sismiche orizzontali e verticali
- Calcolo delle sollecitazioni in combinazione sismica
- Verifiche allo stato limite ultimo
- Verifiche allo stato limite di danno
- Dimensionamento e verifica delle fondazioni agli stati limite di esercizio e ultimi

Per le strutture in c.a./c.a.p., negli elementi shell il calcolo delle sollecitazioni sarà eseguito con il metodo di Wood&Armer (1968) secondo gli assi locali.

- $M_{xx} (+)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre superiori in direzione x
- $M_{xx} (-)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre inferiori in direzione x
- $M_{yy} (+)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre inferiori in direzione y
- $M_{yy} (-)$ = Momenti flettenti (W&A) che tende le fibre superiori in direzione y
- $N_{xx} (-)$ = Sforzo assiale (W&A) in direzione x
- $N_{yy} (-)$ = Sforzo assiale (W&A) in direzione y
- $Q_{(1-2)}$ = Sollecitazione di taglio combinato
- U_z = Spostamenti verticali in direzione z

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Per le strutture in c.a./c.a.p. e per le strutture metalliche, negli elementi *beam* il calcolo delle sollecitazioni è stato eseguito secondo gli assi locali.

- $M_y (-)$ = Momenti flettenti che tende le fibre superiori in direzione x
- F_z = Sollecitazione di taglio
- U_z = Spostamenti verticali in direzione z

17.2.1 Analisi lineare

La struttura soggetta ad azione sismica sarà modellata mediante "analisi lineare dinamica". Nell'analisi lineare per sistemi dissipativi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un coefficiente di comportamento q , definito in conformità al §7.3.1 delle NTC2018. La resistenza delle membrature e dei collegamenti è valutata in accordo con le regole presentati nelle NTC 2018 con particolare riferimento ai requisiti di duttilità.

Il metodo d'analisi lineare utilizzato per determinare gli effetti dell'azione sismica è l'analisi modale con spettro di risposta o "analisi lineare dinamica". In essa l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto (§ 3.2.3.5 NTC 2018 per struttura dissipativa). In ottemperanza al § 7.2.1 NTC 2018 la componente verticale del sisma è stata trascurata.

L'analisi strutturale sarà effettuata con il metodo degli elementi finiti con l'ausilio del software Robot della Autodesk (o software similari tipo SAP2000, Tekla, ecc... che garantiscano l'interoperabilità con i modelli Revit tramite IFC senza perdita dei dati), considerando tutte le azioni agenti, i vincoli e le condizioni al contorno che interessano la struttura. Il metodo si baserà sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle 3 coordinate cartesiane di un sistema di riferimento globale. Le parti strutturali saranno simulate mediante elementi finiti quadrangolari e triangolari di dimensioni 50x50cm tipo "plate-shell". L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale con spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici (tra i quali, quello sismico).

Per simulare adeguatamente il comportamento del terreno sono state introdotte delle molle alla Winkler con reazione solo a compressione.

17.2.2 Carichi applicati

Per i carichi applicati ad integrazione di quanto specificato nel paragrafo 10.5, si precisa quanto segue.

17.2.2.1 Peso proprio

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i seguenti materiali:

- calcestruzzo pari a: $\gamma_c=25.0$ kN/m³

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- acciaio da carpenteria metallica pari a: 8082 kg/m^3 , con un incremento del 3% rispetto al peso specifico medio di 7850 kg/m^3 , per tener conto del peso dei collegamenti (piatti, flange, saldature, bulloni, ecc.).

17.2.2.2 Carichi permanenti non strutturali

Tenuto presente quanto indicato al paragrafo 3.1.3 del predetto D.M. 17/01/18, si precisa che nei calcoli dovranno essere presi in considerazione i carichi permanenti non strutturali.

Questi carichi dovranno essere confermati prima dell'inizio delle prestazioni.

17.2.2.3 Sovraccarichi

I sovraccarichi, o carichi imposti, comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k
- carichi verticali concentrati Q_k
- carichi orizzontali lineari H_k

I valori nominali e/o caratteristici di q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II delle NTC 2018. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di rilevanti amplificazioni dinamiche della risposta delle strutture.

<p>Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2</p> <p>Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"</p> <p>Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1</p> <p>Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni</p>

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.
 ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

I valori riportati nella Tab. 3.1.II sono riferiti a condizioni di uso corrente delle rispettive categorie. Altri regolamenti potranno imporre valori superiori, in relazione ad esigenze specifiche.

In presenza di carichi atipici (quali macchinari, serbatoi, depositi interni, impianti, ecc.) le intensità devono essere valutate caso per caso, in funzione dei massimi prevedibili: tali valori dovranno essere indicati esplicitamente nelle documentazioni di progetto e di collaudo statico.

17.2.2.4 Spinta della falda

Per la definizione dei livelli di falda utilizzati delle analisi si veda paragrafo 10.8.

17.2.2.5 Carico neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture viene valutato mediante l'espressione fornita al paragrafo 3.4.1 delle NTC 2018:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_t$$

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Dove:

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo (kN/m²) fornito al punto 3.4.2 delle NTC2018 per un periodo di ritorno di 50 anni.

μ_i è il coefficiente di forma della copertura fornito al paragrafo 3.4.3 delle NTC 2018.

C_e è il coefficiente di esposizione di cui al paragrafo 3.4.4 delle NTC 2018.

C_t è il coefficiente termico di cui al paragrafo 3.4.5 delle NTC 2018.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

17.2.2.6 Azioni del vento

Le azioni del vento sugli edifici in elevazione saranno valutate mediante le indicazioni fornite nel paragrafo 3.3 delle NTC 2018:

17.2.2.6.1 Velocità base di riferimento

Per la determinazione della velocità base di riferimento v_b , che è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II delle NTC 2018), riferito ad un periodo di ritorno $TR = 50$ anni, si faccia riferimento al paragrafo 3.3.1 delle NTC 2018, che, in mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, propone la seguente espressione:

$$v_b = v_{b,0} c_a$$

Dove:

$v_{b,0}$ è pari a 25 m/s (Zona 1 – dedotta dalla Tab. 3.3.I per la Regione Piemonte);

c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$
$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Tenuto conto che a_s (altitudine sul livello del mare dove sorgeranno le costruzioni) è compresa tra 225 e 250 m s.l.m., il coefficiente c_a sarà pari a 1.

Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

17.2.2.6.2 Velocità di riferimento

Per la determinazione della velocità di riferimento v_r , che è il valore medio su 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II delle NTC 2018), riferito al periodo di ritorno di progetto T_R . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b c_r$$

Dove:

v_b = velocità base di riferimento di cui al punto precedente

c_r = è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla seguente relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

dove T_R è il periodo di ritorno espresso in anni.

Ove non specificato diversamente, si assumerà $T_R = 50$ anni, cui corrisponde $c_r = 1$. Per un'opera di nuova realizzazione in fase di costruzione, quale quelle in oggetto, il periodo di ritorno dell'azione potrà essere ridotto come di seguito specificato:

- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto non superiore a tre mesi, si assumerà $T_R \geq 5$ anni;
- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto compresa fra tre mesi ed un anno, si assumerà $T_R \geq 10$ anni.

17.2.2.6.3 Azioni statiche equivalenti

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione (§ 3.3.4 delle NTC 2018).

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento.

Nel caso di costruzioni di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento (§ 3.3.4 delle NTC 2018).

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

17.2.2.6.4 Pressioni del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r C_e C_p C_d$$

dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 delle NTC2018;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 delle NTC2018;

c_p è il coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8 delle NTC2018;

c_d è il coefficiente dinamico di cui al § 3.3.9 delle NTC2018.

17.2.2.6.5 Azione tangente del vento

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_r C_e C_f$$

dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

c_f è il coefficiente d'attrito di cui al § 3.3.8.

17.2.2.6.6 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

Dove:

v_r è la velocità di riferimento del vento di cui sopra;

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Esprimendo ρ in kg/m³ e v_r in m/s, q_r risulta espresso in N/m².

17.2.2.6.7 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove

k_r , z_0 , z_{\min} sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

c_t è il coefficiente di topografia.

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

La categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 delle NTC 2018 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III delle NTC 2018. Nelle fasce entro 40 km dalla costa, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito. Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane. In questo caso, la Fig. 3.3.3 delle NTC 2018 delle riporta le leggi di variazione di c_e per le diverse categorie di esposizione. Nel caso di costruzioni ubicate presso la sommità di colline o pendii isolati, il coefficiente di topografia c_t può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione.

<p>Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2</p> <p>Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"</p> <p>Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1</p> <p>Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni</p>

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	<p>a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa);</p> <p>b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa)</p> <p>c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)</p>

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

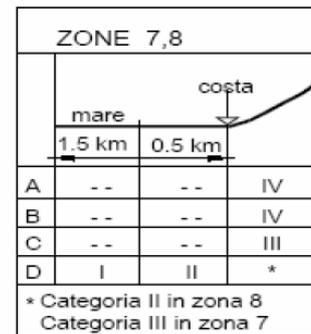
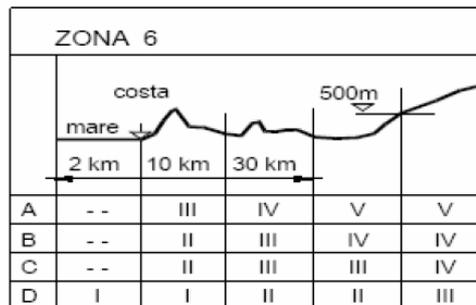
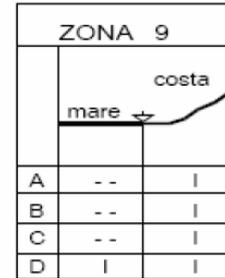
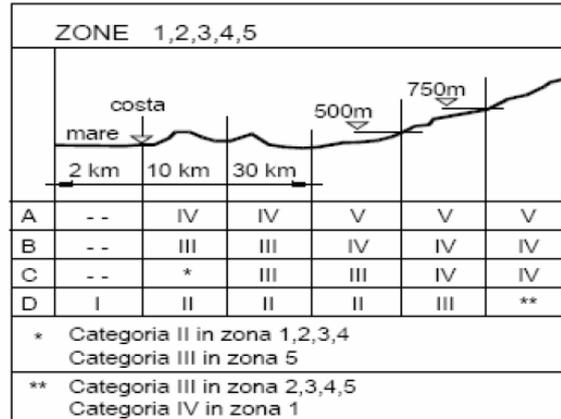


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

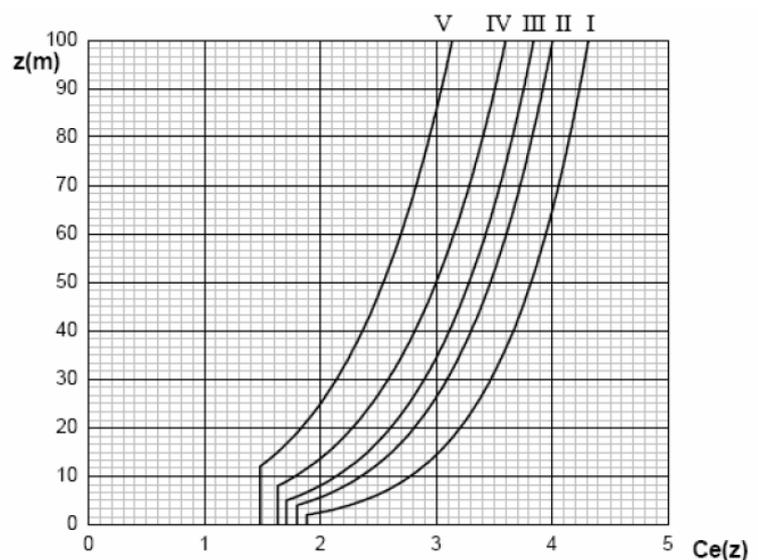


Fig. 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e in funzione dell'altezza sul suolo (per $c_t = 1$)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

17.2.2.6.8 Coefficienti aerodinamici

Il coefficiente di pressione c_p dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Il coefficiente d'attrito c_f dipende dalla scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Entrambi questi coefficienti, definiti coefficienti aerodinamici, possono essere ricavati da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

17.2.2.6.9 Coefficiente dinamico

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

17.2.2.6.10 Avvertenze progettuali

Le azioni del vento sugli edifici alti e più in generale sulle costruzioni di grandi dimensioni o di forma non simmetrica, possono dare luogo a forze trasversali alla direzione del vento e a momenti torcenti di notevoli intensità. Tali azioni possono essere ulteriormente amplificate dalla risposta dinamica della struttura.

Agli ultimi piani degli edifici alti, le azioni del vento possono causare oscillazioni (soprattutto accelerazioni di piano) le cui conseguenze variano, nei riguardi degli occupanti, dalla non percezione sino al fastidio e, in alcuni casi, all'intollerabilità fisiologica.

Si raccomanda di fare ricorso a dati suffragati da opportuna documentazione, o ricavati per mezzo di metodi analitici, numerici e/o sperimentali adeguatamente comprovati.

17.2.3 Azione termica

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle NTC 2018.

Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura T nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.

Nel seguito del presente paragrafo vengono indicate le variazioni termiche secondo quanto prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo 3.5.5.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	± 15 °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	± 10 °C
Strutture in acciaio esposte	± 25 °C
Strutture in acciaio protette	± 15 °C

17.2.3.1 Effetti delle azioni termiche

Per la valutazione degli effetti delle azioni termiche, si può fare riferimento ai coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente α_T riportati in Tab. 3.5.III delle NTC2018.

Tab. 3.5.III - Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente

Materiale	α_T [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]
Alluminio	24
Acciaio da carpenteria	12
Calcestruzzo strutturale	10
Strutture miste acciaio-calcestruzzo	12
Calcestruzzo alleggerito	7
Muratura	6 ÷ 10
Legno (parallelo alle fibre)	5
Legno (ortogonale alle fibre)	30 ÷ 70

17.2.4 Azione sismica

Per la caratterizzazione sismica dell'area è definita nel paragrafo 10.6 ed al paragrafo 17.2.1 ai quali si rimanda per maggiori dettagli.

17.2.5 Azioni eccezionali

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali incendi ed urti.

È opportuno che le costruzioni possiedano un grado adeguato di robustezza, in funzione dell'uso previsto della costruzione, individuando gli scenari di rischio e le azioni eccezionali rilevanti ai fini della sua progettazione, secondo quanto indicato al § 2.2.5 delle NTC 2018.

Per le costruzioni in cui sia necessario limitare il rischio d'incendio per la salvaguardia dell'individuo e della collettività, nonché delle proprietà limitrofe e dei beni direttamente esposti al fuoco, devono essere eseguite verifiche specifiche del livello di prestazione strutturale antincendio.

Le strutture devono essere altresì verificate nei confronti delle esplosioni e degli urti per verosimili scenari di rischio o su richiesta del committente.

Le azioni eccezionali considerate nel progetto saranno combinate con le altre azioni mediante la regola di combinazione eccezionale di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Per la progettazione delle strutture in **condizioni di incendio** sono valide le indicazioni di cui al § 3.6.1 delle NTC 2018.

Per la definizione della classe di resistenza al fuoco delle opere da progettare i valori di riferimento sono:

- Stazioni: 120 minuti
- Gallerie: 120 minuti
- Pozzi, manufatti lungo linea: 120 minuti

Per la progettazione delle strutture esposte ad azioni dovute ad urti da traffico veicolare/ferroviario, sono valide le indicazioni di cui al § 3.6.3 delle NTC 2018.

18. CANTIERI E VIABILITÀ, ESPROPRI

18.1 Cantieri

18.1.1 Generalità

La progettazione dei cantieri ha la finalità di garantire che gli spazi a disposizione e le modalità di realizzazione delle opere previste nel progetto consentano la costruibilità delle stesse opere con il rispetto dei vincoli posti dal territorio e dagli Enti Pubblici. Essa corrisponde ad una parte del processo individuato dal D.lgv 36/2023, che vede nel progetto la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni, ovvero la definizione di ogni particolare dell'intervento da realizzare.

Il progetto di cantierizzazione viene elaborato avendo come riferimento quanto studiato nella fase di progettazione definitiva nonché quanto offerto dall'Appaltatore nella documentazione di gara. È comunque possibile che risultino necessarie, in funzione di diverse scelte nell'impostazione della costruzione, che possono portare ad una riorganizzazione delle aree di cantiere a condizione che vengano rispettati i vincoli e le prescrizioni indicate nel Progetto Definitivo sulla base delle quali sono state le autorizzazioni dalle Autorità Competenti.

18.1.1.1 Abbreviazioni a sigle usate nel testo

PdC = Progetto di Cantierizzazione

PSC = Piano di Sicurezza e Coordinamento

18.1.2 Specifiche tecniche per la redazione dei progetti di cantierizzazione

18.1.2.1 Sicurezza del lavoro

Il progetto di cantierizzazione dovrà essere elaborato, oltre che sulla base delle indicazioni contenute nel progetto redatto nella fase precedente, sulla base di una serie di requisiti generali, relativi sia ad aspetti di carattere contrattuale sia alle condizioni di lavoro.

Il PdC costituisce un elemento di base essenziale per la redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. In linea teorica, nell'ambito dell'iter di progettazione, la redazione del PdC precede l'elaborazione del PSC. E' comunque opportuno che il PdC tenga in considerazione, una serie di principi elementari di sicurezza, ponendosi quindi per primo il problema di favorire il maggior livello possibile di sicurezza nella fase di costruzione delle opere.

La specificità del PSC risiede nell'analisi dei rischi generati dagli ambienti di lavoro, dalle lavorazioni e dalle interferenze tra le stesse lavorazioni, e nella definizione delle misure prevenzionali, costituite sia da apprestamenti di cantiere che da procedure operative, per la riduzione di tali rischi. Nella fase di elaborazione del PdC è dunque necessario esaminare preventivamente alcuni di tali aspetti, così da fornire al Coordinatore per la Progettazione un prodotto già orientato al soddisfacimento delle esigenze di sicurezza.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Più in dettaglio, nella progettazione dei cantieri occorrerà esaminare:

- i rischi trasmessi dall'ambiente esterno ai cantieri;
- i rischi trasmessi dai cantieri all'ambiente esterno.

L'organizzazione dei cantieri dovrà essere impostata in maniera tale da rendere minimi tali rischi.

18.1.2.2 Rischi trasmessi dall'ambiente esterno al cantiere

Sulla base della localizzazione delle aree di cantiere occorrerà esaminare l'eventuale presenza di rischi e, ove opportuno, definire direttamente degli interventi di mitigazione.

Una situazione da analizzare con particolare dettaglio nella elaborazione del PdC a quella relativa alle aree dove gli spazi operativi risultano molto ristretti in quanto la necessità di lavorare in spazi ridotti comporta rischi aggiuntivi per i lavoratori.

Nei PdC occorrerà definire la viabilità interna al cantiere in maniera tale da garantire in ogni caso l'accesso in sicurezza dei mezzi a tutte le aree di lavoro.

18.1.2.3 Rischi trasmessi dal cantiere all'ambiente esterno

Alcune delle più tipiche situazioni di rischio sono quelle che si possono originare:

- da manovre di mezzi meccanici oltre i limiti del cantiere, in particolare quando il cantiere confina con preesistenze (ad esempio il distributore di Benzina prospiciente il Pozzo Terminale)
- dalla movimentazione di carichi con apparecchi di sollevamento oltre i limiti del cantiere;
- dalle modalità di ingresso e fuoriuscita dal cantiere degli automezzi.

Al fine di mitigare tali rischi a necessario indicare nel PdC che:

- tutte le aree dovranno essere recintate in modo da confinare gli spazi di operatività dei mezzi e da impedire manovre al di fuori delle aree di cantiere;
- il raggio d'azione degli apparecchi di sollevamento dovrà essere limitato;
- gli accessi viari alle aree di cantiere dovranno essere realizzati in modo da prevenire rischi per i veicoli ed i pedoni transitanti sulla viabilità pubblica.

In linea generale, oltre a queste situazioni di carattere esemplificativo, l'intera impostazione del PdC dovrà essere tale da rendere minimi i rischi trasmessi dal cantiere all'ambiente esterno.

18.1.2.4 Condizioni igieniche dei lavoratori

Nel PdC vengono definite le caratteristiche dei baraccamenti da impiegare nei cantieri base, l'ubicazione dei principali apprestamenti igienico-assistenziali nei cantieri ed i requisiti minimi che tali strutture devono possedere.

18.1.2.5 Impatto ambientale

L'organizzazione dei cantieri dovrà essere tale da minimizzare l'impatto sull'ambiente esterno, inteso sia come ambiente naturale che come ambiente antropico.

Fondamentale l'organizzazione interna dei cantieri. Le installazioni fisse dovranno essere posizionate in maniera tale da garantire il minore impatto possibile sull'ambiente esterno (in termini di rumore, vibrazioni, emissioni di polvere, impatto visivo, ecc.). Ciò si traduce, in particolare, in scelte da indicare sul progetto sulla migliore posizione possibile per i ventilatori delle gallerie, gli impianti fissi di frantumazione e betonaggio, il tipo di pavimentazione nelle diverse aree di cantiere, ecc.

In linea generale quindi l'organizzazione interna del cantiere, intesa come disposizione delle aree di stoccaggio, della viabilità e degli impianti fissi dovrà essere studiata non solo in funzione delle esigenze proprie delle lavorazioni di cantiere, ma anche del possibile impatto sull'ambiente esterno.

L'organizzazione delle aree di cantiere dovrà essere tale da limitare il consumo di territorio, ottimizzando sia il posizionamento che il dimensionamento di impianti a strutture.

18.1.2.6 Interferenza con infrastrutture

L'organizzazione dei cantieri deve essere tale da rendere minimo l'impatto sulle infrastrutture viarie. Questa indicazione ha differenti conseguenze, indicate qui di seguito:

- l'ubicazione del cantiere anzitutto deve essere studiata in maniera da non aggravare situazioni già critiche della rete stradale;
- gli accessi alle aree di cantiere devono essere progettati in modo da non creare intralcio o pericolo per la circolazione stradale esterna, a seguito delle manovre dei mezzi in ingresso/uscita;
- i mezzi impiegati per il trasporto dei materiali devono essere scelti in funzione delle caratteristiche della rete stradale di accesso.

18.1.2.7 Produttività

Il PdC dovrà essere impostato in maniera tale da consentire la maggiore produttività possibile nella realizzazione di tutte le opere d'arte. Questo significa che non dovranno esserci vincoli legati

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

all'organizzazione dei cantieri (a parte quelli imposti da condizioni esterne: vincoli normativi, particolari situazioni ambientali, prescrizioni di Enti Pubblici, ecc.) che possano diminuire la velocità di avanzamento dei lavori.

L'organizzazione delle aree di cantiere e la dislocazione all'interno delle stesse delle aree operative, della viabilità e degli impianti devono essere tali quindi da facilitare la realizzazione di tutte le opere d'arte e da non introdurre ostacoli allo svolgimento dei lavori.

Il Programma dei Lavori definisce le durate di esecuzione delle lavorazioni e le date cardine nello svolgimento dei lavori. Il PdC deve garantire che l'opera risulti eseguibile entro i suddetti limiti. A questo fine, in particolare, esso deve verificare che le aree prescelte per i cantieri possano effettivamente risultare disponibili nell'ambito dei limiti temporali definiti, controllando ad esempio la congruenza della tempistica prevista per la costruzione delle opere con quella di eventuali programmi di pianificazione territoriale.

Il Programma dei Lavori deve essere impiegato anche per il dimensionamento delle stesse aree di cantiere: ciò in termini sia di esigenze di baraccamenti per dormitori, mense e servizi igienico-assistenziali (il cui numero e la cui dimensione devono essere valutati sulla base del numero massimo di lavoratori contemporaneamente impiegati nel cantiere) sia di esigenze di spazi per lo stoccaggio dei materiali (che devono essere valutate in base alla produzione definite dal programma).

18.1.2.8 Preparazione e ripristino delle aree di cantiere

Il PdC dovrà prevedere le modalità di preparazione delle aree di cantiere (ovvero la sequenza delle attività da svolgere per installare e rendere funzionale il cantiere) e di ripristino delle stesse aree.

In generale, salvo diversi accordi con gli Enti competenti, o salvo precise indicazioni progettuali, il ripristino consisterà nella ricostituzione dello status quo.

La scelta delle aree di cantiere e la loro organizzazione interna dovranno essere fatte in maniera tale da ridurre al minimo le operazioni legate alla preparazione ed al ripristino delle aree.

18.1.3 Dimensionamento delle aree di cantiere

L'Appaltatore avrà cura di verificare e dimensionare le installazioni di cantiere e le opere provvisorie necessarie alla costruzione delle opere in progetto, nonché redigere quanto necessario per le autorizzazioni amministrative.

Il dimensionamento delle aree di cantiere verrà svolto sulla base dei seguenti fattori principali:

- disponibilità di aree libere;
- produzione richiesta al cantiere per rispettare i termini contrattuali definiti dal programma lavori;
- organizzazione propria dell'impresa.

Le aree di cantiere sono a loro volta costituite da diverse sotto-aree, le cui dimensioni derivano da differenti elementi:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- gli impianti (impianto di betonaggio, impianto di frantumazione, officina lavorazione ferro, ecc.) avranno delle dimensioni legate alle produzioni previste (più precisamente, della produzione di punta)
- i baraccamenti per mense, dormitori a servizi igienico-assistenziali avranno una dimensione da valutare in base al numero massimo di lavoratori contemporaneamente presenti in cantiere;
- le aree di stoccaggio verranno dimensionate in base alle caratteristiche dei materiali da stoccare, ai tempi ed alle modalità di approvvigionamento oltre che alle modalità ed alle esigenze di movimentazione
- la viabilità interna di cantiere verrà dimensionata, oltre che in base ai flussi di traffico previsti, alla necessità di garantire la sicurezza dei lavoratori;
- le aree di parcheggio verranno dimensionate in base al numero ed alle tipologie dei mezzi d'opera previsti per le lavorazioni ed al numero dei mezzi privati stimato per gli addetti ai lavori.

18.1.4 Classificazione delle aree di cantiere

I cantieri si possono suddividere nelle 3 seguenti categorie:

- cantiere base (o campo base);
- cantieri operativi;
- aree di stoccaggio.

I cantieri base contengono i baraccamenti per l'alloggiamento delle maestranze, le mense, gli uffici e tutti i servizi logistici necessari per il funzionamento del cantiere. Essi sono normalmente ubicati in prossimità del cantiere operativo o in posizione baricentrica quando sono previsti a servizio di più cantieri operativi.

I cantieri operativi contengono gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere.

Le aree di stoccaggio costituiscono in genere aree di servizio a singole opere od a gruppi di opere, e si distinguono in base alla tipologia dei materiali che vengono tenuti in esse.

I cantieri base ed operativi costituiscono, ai sensi dell'art. 10 del D.P.R. 380/2001, interventi di trasformazione urbanistica e di edilizia del territorio e sono pertanto subordinati a permesso di costruire: il suddetto testo unico intende, infatti, tali interventi come interventi di nuova costruzione.

18.1.4.1 Caratteristiche generali dei cantieri

Cantiere base

Il cantiere base (o campo base), deve essere concepito in modo tale da essere indipendente dalle strutture socio- economiche locali.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

All'interno di tale cantiere è prevista in genere l'installazione delle seguenti strutture a dei seguenti impianti (la presenza di ciascuno di essi andrà ovviamente valutata a seconda dei casi specifici):

- locali uffici per la Direzione del cantiere a per la Direzione Lavori;
- locali mensa;
- locali magazzino;
- locali laboratorio;
- sale ricreazione;
- locali infermeria;
- alloggi per impiegati ed operai;
- servizi: area per la raccolta differenziata dei rifiuti, impianto di depurazione delle acque di scarico (quando non sia possibile l'allaccio alla rete fognaria pubblica), cabina elettrica, serbatoio per il G. P. L.
- centrale termica;
- parcheggi.

Il numero di persone che usufruiscono di detti servizi è variabile in funzione del numero di cantieri operativi che supportano e del numero delle maestranze che non ha la possibilità a fine turno di raggiungere la propria residenza.

Le costruzioni presenti nei cantieri base, per il carattere temporaneo degli stessi, sono prevalentemente di tipo prefabbricato, con pannellature sia in legno che metalliche componibili o, in alcuni casi, con struttura portante modulare (box singoli o accostabili).

Qualora non vi sia la possibilità di allaccio alla rete fognaria pubblica per lo scarico delle acque nere, il cantiere base verrà dotato di impianto proprio per il trattamento delle proprie acque reflue nere. È inoltre necessaria la realizzazione di reti di raccolta delle acque meteoriche e di scolo per i piazzali e la viabilità interna. L'approvvigionamento idrico di acqua potabile avverrà attraverso l'allaccio all'acquedotto esistente ed ove ciò non risultasse possibile, si ricorrerà a fonti alternative.

Cantieri operativi

I Cantieri Operativi sono sia, quelli posti in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, che hanno al loro interno gli impianti strettamente legati alla galleria, sia i cantieri di costruzione delle opere all'aperto.

Al loro interno contengono tutte le strutture e gli impianti necessari all'esecuzione delle attività lavorative.

Le aree all'interno di un cantiere operativo sono generalmente suddivise per zone omogenee per impiantistica o tipo di attività e possono riassumersi come di seguito descritto (quanto di seguito indicato va ovviamente adeguato in funzione delle tipologie di opere da realizzare):

- una zona presso imbocco (per cantieri di galleria), che comprende le installazioni di servizio ai lavori (quadro elettrico, gruppo di ventilazione, centrale di produzione aria compressa, gruppo di pompaggio acqua);
- una zona per la movimentazione e di stoccaggio materiali;
- una zona per riparazione (officina),

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- una zona manutenzione e lavaggio mezzi di cantiere;
- una zona spogliatoi e servizi igienici;
- zone di parcheggio degli automezzi e dei mezzi d'opera;
- una zona di confezione calcestruzzi (impianto di betonaggio, aree di stoccaggio degli inerti, etc);
- una zona per il trattamento delle acque di piazzale e in uscita dalle gallerie (impianto trattamento acque);
- una zona per il laboratorio delle prove sui materiali;
- aree di manovra e operatività.

Le principali strutture ed installazioni che si possono trovare nei cantieri operativi sono indicate di seguito.

- officina: Capannone di dimensioni adeguate che potrà essere attrezzato con carroponete, fossa di lavoro per riparazione automezzi, torni, frese, trapani a colonna e tutto quanto occorre per la riparazione dei mezzi operanti nel cantiere. Nell'officina verranno ricavate zone per la lavorazione delle carpenterie, riparazione pneumatici e componenti elettrici;
- magazzino: capannone di dimensioni adeguate per lo stoccaggio dei materiali di consumo e ricambi vari per le macchine operanti nel cantiere;
- uffici: monoblocchi dotati di servizi igienici. Sono il punto operativo del capo cantiere, degli assistenti e dei topografi;
- spogliatoi e servizi igienici: monoblocchi completi di docce e servizi igienici. Arredati con armadietti e panche per gli addetti al cantiere industriale;
- impianto di betonaggio: impianto per la confezione del calcestruzzo dello spritz-beton (per i cantieri di galleria). L'impianto comprende una batteria di silos o tramogge per lo stoccaggio degli inerti, silos di stoccaggio cemento, bilancia di pesatura, nastro trasportatore degli inerti alle autobetoniere ed al mescolatore. In prossimità dell'impianto saranno stoccati in vasche protette i cumuli di inerti di diverse classi, che, con l'ausilio di una pala caricatrice, dovranno essere trasportati alle tramogge dell'impianto. L'impianto di betonaggio sarà provvisto di schermature ed accorgimenti tecnici atti ad evitare, durante le operazioni di alimentazione, di carico, di preparazione dell'impasto e di trasferimento alle autobetoniere, qualsiasi fuoriuscita di polvere. Detti accorgimenti avranno incidenza positiva anche sul contenimento del rumore;
- deposito carburante a pompa di distribuzione: Con regolare omologazione da parte di enti preposti, per il fabbisogno del cantiere;
- pesa a ponte: per il controllo dei materiali in entrata (centine, ferro d'armatura, inerti, cemento, ecc);
- vasca per il lavaggio degli automezzi: fosse con acqua poste in prossimità dell'inserimento delle strade di cantiere con la viabilità pubblica, dentro le quali transiteranno i mezzi in uscita dai cantieri, ripulendo così le gomme da residui polverosi e fango eventualmente depositato;
- gruppi elettrogeni: per la produzione di energia elettrica per i cantieri industriali. Avranno la loro massima attività nelle fasi iniziali dei cantieri, nei periodi di punta ed in occasione di problemi con la fornitura pubblica;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- carroponete e/o gru: al servizio delle aree di stoccaggio dei materiali;
- impianto per il trattamento delle acque: verranno trattate le acque industriali e le acque fangose provenienti dalle gallerie, nonché le acque di scolo e dilavamento dei piazzali, per poterle poi scaricare entro i limiti di legge nel reticolo delle acque superficiali;
- dispositivi per stoccaggi vari: vasche e/o contenitori per materiali di scarto come oli usati, filtri e stracci imbevuti di oli e grassi minerali.

Una categoria speciale di cantieri operativi è costituita dai cantieri per armamento ed impianti tecnologici ferroviari. Queste aree hanno la funzione principale di aree di stoccaggio e deposito dei materiali per l'armamento e gli impianti di trazione elettrica, segnalamento, telecomunicazioni, ecc. Le aree di dimensione maggiore sono quelle relative all'armamento ferroviario: infatti, al termine delle attività di realizzazione delle opere di ingegneria civile, si rende necessario attrezzare alcune aree di deposito per i materiali.

Aree cantiere TBM

Le aree di cantiere TBM sono ubicate su via Bologna, in corrispondenza del pozzo Novara.

Tali aree sono destinate ad accogliere, nella prima fase dei lavori, tutti i componenti della TBM (compresi i carri del back-up) e, nella fase successiva (dopo il montaggio della TBM), tutti gli impianti e le attrezzature a servizio dello scavo meccanizzato, nonché i materiali necessari per il rivestimento della galleria (conci prefabbricati, malta di intasamento a tergo degli stessi...).

Aree di stoccaggio

Sarà necessario realizzare aree di stoccaggio al di fuori dei cantieri operativi. I materiali di stoccaggio possono essere di tipologia disparata, dagli inerti ai ferri di armatura, dal pietrisco ai cavi per impianti elettrici. Le caratteristiche delle aree possono essere dunque significativamente diverse a seconda dei materiali che ospiteranno.

Le aree di stoccaggio dovranno avere degli spazi tali da garantire il transito dei mezzi impiegati per la movimentazione dei materiali da costruzione.

In queste aree non troveranno posto strutture fisse, a parte parcheggi per i mezzi di lavoro e, se opportuno, box prefabbricati con wc chimico.

18.2 Viabilità ed accesso alle aree di cantiere

18.2.1 Viabilità interna all'area di cantiere

Gli accessi al cantiere dovranno essere realizzati in modo da interferire in sicurezza con la viabilità della zona e garantire sempre l'accessibilità ai frontisti.

Gli automezzi in uscita dal cantiere dovranno garantire il totale contenimento di liquidi, polveri, detriti o altri tipi di perdite provenienti dal carico trasportato. Per tutti gli automezzi in uscita dal cantiere è prescritto il lavaggio delle ruote e la completa rimozione di fango o altro materiale depositato sulle stesse.

18.2.2 Viabilità provvisorie esterne all'area di cantiere

Si suggeriscono i passi da seguire per la definizione del sistema di viabilità esterna ai cantieri da impiegare per il transito dei mezzi:

1. Esame sulla carta e tramite sopralluoghi della rete viaria nell'area circostante i cantieri. L'analisi deve essere riportata fino ad una viabilità principale, costituita da un'autostrada o comunque da una via di grande comunicazione, su cui l'effetto indotto dalla presenza dei cantieri possa essere ritenuto poco significativo. Occorre considerare anche sviluppi del sistema viario in fase di costruzione e realizzazione, qualora la data prevista per la loro attivazione sia compatibile con gli interventi oggetto del PdC.
2. Individuazione tramite sopralluoghi e raccolta di materiale specifico presso gli Enti Pubblici delle criticità del sistema viario e del sistema urbano.

Si intendono come critiche per il sistema viario le seguenti situazioni:

- nodi stradali particolarmente congestionati per l'elevato volume di traffico presente;
- limitazioni al transito per la presenza di sezioni stradali di larghezza o altezze ridotte, strettoie, passaggi a livello, ponti con limite di carico.

Si intendono come critiche per il sistema urbano le seguenti situazioni:

- attraversamento di aree residenziali.
- passaggio in prossimità di ricettori critici (scuole, ospedali, ospizi).

3. Individuazione dei percorsi più brevi di collegamento tra siti di cantiere, di approvvigionamento e di smaltimento dei materiali che consentano di non passare per i nodi critici della rete. Nei casi in cui i cantieri ed i siti di smaltimento siano localizzati in un territorio servito da un'arteria principale (autostrada, tangenziale, strada a grande scorrimento), questa potrà essere considerata come l'elemento cardine del sistema viario, cui fare afferire tutti i percorsi. L'impiego di una viabilità di questo tipo dovrà essere sempre preferito a quello di una viabilità secondaria.
4. Nei casi in cui non risulti possibile evitare il passaggio attraverso i nodi critici della rete viaria individuata, si renderà necessaria la valutazione delle possibili misure finalizzate alla riduzione o eliminazione delle criticità.

Nel PdC dovrà essere presentata la stima dei flussi di traffico degli automezzi di cantiere, generati dal trasporto dei materiali principali; questa stima dovrà essere estesa allo sviluppo della viabilità pubblica di cui è previsto l'utilizzo, fino alla viabilità principale.

I materiali da considerare comprendono sia i principali materiali di approvvigionamento che quelli di risulta, ovvero: calcestruzzo trasportato con autobetoniera, inerti e cemento per la produzione di calcestruzzo trasportati con autocarri, materiali ferrosi trasportati mediante autocarro, smarino derivante dallo scavo di gallerie, terre di scavo in genere e detriti di demolizione.

Tra i materiali occorre esaminare solo quelli significativi in termini di volumi movimentati, ovvero di volumi di traffico generati.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Oltre ai materiali sopra riportati, che comprendono quelli di maggiore interesse nella maggior parte dei progetti, occorrerà analizzare anche ogni altro materiale la cui movimentazione, nello specifico appalto, richiede un numero elevato di viaggi per il trasporto.

La determinazione dei flussi di transito sulla viabilità consente una valutazione dell'impatto dell'opera sulla rete viaria e sull'ambiente circostante.

Due elementi indispensabili per la stima dei flussi di traffico sono costituiti dal programma lavori e dal computo metrico:

- dal primo verranno derivate le durate relative alle singole attività;
- dal secondo verranno derivati i quantitativi dei principali materiali relativi a ciascuna opera o parte d'opera.

Per quelle situazioni in cui la produzione risulta variabile nell'arco della durata dei lavori, occorrerà prendere in considerazione, i periodi di maggiore attività, cui corrispondono i maggiori volumi di materiali movimentati.

La stima dei flussi di traffico verrà presentata nel PdC nella seguente maniera:

- per ciascuna opera identificata dalla WBS si calcoleranno i quantitativi dei materiali principali relativi a ciascuna macrofase: i valori corrispondenti verranno presentati in forma tabulare in allegato al PdC;
- i suddetti valori verranno divisi per le durate significative, calcolato secondo quanto sopra espresso in funzione delle caratteristiche dei lavori: i flussi conseguenti verranno anch'essi presentati in forma tabulare;
- per le macrofasi principali (in termini sia di durata che di quantitativi di materiali movimentati) i flussi sopra calcolati verranno riportati sulla viabilità in un'apposita planimetria.

18.3 Interfaccia con nuova sistemazione superficiale del territorio comunale

Il Progetto Esecutivo dovrà tener conto dello sviluppo progettuale della nuova sistemazione superficiale stabilito nel Progetto Definitivo nonché da quanto stabilito dal Comune di Torino, al momento dei ripristini superficiali da effettuare da parte dell'Appaltatore a conclusione delle cantierizzazioni legate alla realizzazione della Linea 2 della Metropolitana – Tratta "Politecnico-Rebaudengo". L'Appaltatore è tenuto nell'ambito dello svolgimento della progettazione esecutiva all'espletamento attività di interfaccia in relazione alla nuova sistemazione definita e progettata dal Comune di Torino, in coordinamento ed in ottemperanza alle direttive a tal proposito impartite dal Committente e dalle Autorità Competenti. Nello sviluppo della documentazione progettuale, si dovrà fare riferimento al "Regolamento per l'esecuzione di interventi comportanti la manomissione del suolo pubblico" della Città di Torino.

18.4 Ripristino della sistemazione superficiale

Il Progetto Esecutivo dovrà prevedere il ripristino della sistemazione superficiale ante-operam, a conclusione delle cantierizzazioni legate alla realizzazione della Linea 2 della Metropolitana – Tratta "Politecnico-Rebaudengo". Nello sviluppo della documentazione progettuale, si dovrà fare riferimento al "Regolamento per l'esecuzione di interventi comportanti la manomissione del suolo pubblico" della Città di Torino.

18.5 Espropri ed occupazione delle aree

Nell'ambito delle attività di Progettazione Esecutiva, l'Aggiudicatario dovrà aggiornare il piano di esproprio, di occupazione temporanea e di asservimento delle aree, in riferimento allo sviluppo delle specifiche esigenze di cantierizzazione. Eventuali occupazioni, non previste in sede di progettazione definitiva, siano esse permanenti o temporanee, dovranno essere comunicate e concordate preventivamente con la Stazione Appaltante.

Rientrano nelle competenze dell'Aggiudicatario la redazione dell'aggiornamento del Piano Particolare di Esproprio e delle eventuali bozze di convenzione per la regolamentazione degli asservimenti delle aree pubbliche (comunali, ed altre eventuali).

19. INTERFERENZE

19.1 Deviazioni sottoservizi

L'Aggiudicatario dovrà contattare direttamente tutti gli Enti Gestori dei pubblici servizi potenzialmente interferiti al fine di ottenere dai medesimi la documentazione necessaria per aggiornare la cartografia che utilizzerà quale base di riferimento per verificare le effettive interferenze con le opere in progetto.

Su tutti i pubblici servizi interferiti si dovrà sviluppare un progetto di dettaglio per la risoluzione dell'interferenza, sulla base delle indicazioni fornite nel Progetto Definitivo, approvato dagli Enti Gestori in sede di Conferenza dei Servizi. L'Aggiudicatario sarà tenuto allo sviluppo di eventuali soluzioni alternative e/o integrative, che si rendessero necessarie ai fini di risolvere tutte le interferenze rilevate con i sottoservizi.

Particolare attenzione dovrà essere posta all'individuazione degli allacci privati alle fognature comunali. L'Appaltatore dovrà acquisire, presso l'Archivio Edilizio Comunale, l'Archivio di Stato e/o dell'Ente Gestore SMAT, tutta la documentazione relativa alle pratiche di autorizzazione degli allacci esistenti (ove presenti). Nel caso in cui tali allacci venissero modificati per l'esecuzione dei lavori della metropolitana, sarà cura dell'Appaltatore predisporre, per conto dei soggetti privati, tutta la documentazione (progetto, modulistica) necessaria per la richiesta di una nuova autorizzazione all'Ente Gestore.

Tale progetto dovrà essere coerente con i criteri dettati dagli Enti Gestori e dovrà comprendere:

- tutte le indagini necessarie alla precisa definizione dell'interferenza;
- la definizione della soluzione prevista;
- la metodologia esecutiva;
- le tempistiche e fasi di lavoro, compresa la definizione della viabilità necessaria per minimizzare l'impatto dei cantieri;
- il Computo Metrico Estimativo delle opere fognarie ed eventuali aggiornamenti dei preventivi di spesa predisposti dagli Enti Gestori.

Si precisa che relativamente alle manomissioni dei sedimi stradali si dovrà fare riferimento al "Regolamento per l'esecuzione di interventi comportanti la manomissione del suolo pubblico" della Città di Torino.

Si precisa inoltre che – preventivamente all'approvazione del progetto di soluzione delle interferenze da parte della Stazione Appaltante – l'Aggiudicatario dovrà ottenerne l'approvazione da parte degli Enti Gestori.

Qualora uno specifico Ente Gestore intenda risolvere in proprio l'interferenza, l'Aggiudicatario dovrà ottenere garanzia che le tempistiche di lavoro previste dall'Ente siano coerenti con il cronoprogramma generale dei lavori approvato in sede di Conferenza dei Servizi. Tali tempistiche dovranno essere esplicitate nel suddetto cronoprogramma.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Nelle prestazioni dell'Aggiudicatario è compresa la predisposizione delle eventuali bozze delle convenzioni da stipularsi con gli Enti Gestori e l'assistenza alla Stazione Appaltante nella fase di verifica delle stesse.

Le convenzioni tra Stazione Appaltante ed Ente Gestore saranno parte integrante del Progetto Esecutivo.

19.2 Alberate

L'esecuzione dei lavori e le cantierizzazioni interessano aree a verde urbano, anche con presenza di essenze arbustive ed arboree.

L'Aggiudicatario sulla base di quanto sviluppato in progetto definitivo ed in particolare negli elaborati della cartella 4.8, dovrà sviluppare mediante idonee planimetrie e specifiche capitolari, il progetto esecutivo delle attività inerenti alle aree a verde interessate dai lavori, confrontandosi con il competente settore della Città di Torino. In particolare, dovrà definire le idonee metodologie operative per:

- minimizzare l'impatto delle cantierizzazioni sulle aree a verde ed alberate,
- individuare interventi di presidio sulle alberate presenti nelle aree di cantiere e non asportabili,
- eseguire gli eventuali trapianti delle alberate in aree che dovranno essere concordate con la Città di Torino. L'individuazione e la scelta di tali operazioni dovrà necessariamente tenere conto del periodo climatico più idoneo e dovrà essere programmata nello sviluppo del programma generale dei lavori.
- eseguire le nuove piantumazioni sostitutive o integrative nelle aree interferite;
- ottemperare alle prescrizioni formulate in sede di PAUR (Procedimento autorizzato unico regionale) per le tematiche in parola. Per maggiori dettagli si rimanda al Rapporto finale della Conferenza dei Servizi PAUR di cui alla Determina Dirigenziale n. prot. 5223 del 22/09/2023 emessa dal Dipartimento Ambiente e transizione ecologica della Città di Torino.

19.3 Falda acquifera

L'intero tracciato interferisce con la falda.

Dovrà essere prevista una campagna di monitoraggio piezometrico estesa a tutti i punti d'acqua accessibili (pozzi, piezometri, etc.), che dovrà essere concordata anche con l'Autorità Competente nell'ambito del Tavolo tecnico richiesto nell'ambito del PAUR. Per maggiori dettagli si rimanda al Rapporto finale della Conferenza dei Servizi PAUR di cui alla Determina Dirigenziale n. prot. 5223 del 22/09/2023 emessa dal Dipartimento Ambiente e transizione ecologica della Città di Torino.

19.40 Ordigni bellici

Compete all'Aggiudicatario, nelle sue vesti di Progettista Esecutivo, predisporre il progetto esecutivo relativo alle operazioni di bonifica da ordigni bellici, sulla base delle indicazioni fornite dal CSP, a seguito della valutazione del rischio ex art. 91/ 2 bis d.lgs 81/2008.

Qualora il rischio sia considerato tale per cui risulti necessario eseguire la bonifica, l'Aggiudicatario dovrà effettuare tutte le ricerche ed indagini volte a definire le metodologie operative per lo svolgimento dei lavori. In particolare, dovrà essere verificata l'eventuale natura ferromagnetica del terreno, per determinare se le attività di bonifica possano essere svolte secondo le procedure standard (bonifica superficiale fino alla quota di -1,00 m dal p.c. e successiva bonifica profonda con maglia di perforazione di dimensioni 2,80 m x 2,80 m) oppure mediante tecniche di scavo assistito (o tecniche equivalenti) da parte di imprese specializzate B.C.M.

L'Aggiudicatario dovrà altresì predisporre l'istanza (che sarà sottoscritta dal Responsabile del Procedimento) e fornire tutte le necessarie integrazioni richieste per il rilascio del parere vincolante e del nulla osta (con le relative prescrizioni tecniche) all'esecuzione del servizio di bonifica bellica da parte del 5° Reparto Infrastrutture Ufficio B.C.M. di Padova, territorialmente competente. A tal proposito, si richiama quanto previsto dalla Direttiva n. 001/B.TER./2015 approvata con Atto del Ministero della Difesa del 18/09/2015 e, comunque, ogni eventuale direttiva sopravvenuta.

20. FINITURE ARCHITETTONICHE

Il progetto dovrà essere sviluppato in tutti i suoi particolari ed allegati, nel rispetto delle norme vigenti ed in base alle altre disposizioni che potranno essere impartite in proposito e dovrà comunque essere tale da consentire la definizione delle opere in tutti i loro dettagli e particolari costruttivi e la loro corretta cantierizzazione.

Lo sviluppo della progettazione dovrà tener conto degli indirizzi della "Carta dell'Architettura" e dovrà garantire sia l'integrazione e l'interfaccia con tutte le opere impiantistiche che l'omogeneità con il resto della linea

In particolare, il Progetto Esecutivo da svilupparsi con metodologia BIM, con l'obiettivo di individuare compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dal Committente, nonché la quantificazione delle lavorazioni per la realizzazione relativo all'infrastruttura, dovrà determinare in ogni dettaglio i lavori da realizzare e dovrà essere sviluppato ad un livello di definizione tale da consentire che ogni elemento sia identificabile in forma, tipologia, qualità, dimensione.

Esso dovrà comprendere in linea indicativa e non esaustiva:

- Relazione tecnico-illustrativa delle opere architettoniche;
- Elaborati grafici generali e di dettaglio di finiture, arredi e segnaletica riguardanti gli spazi interni e le aree esterne;
- Progetto delle campionature richieste;

e quant'altro comunque necessario all'esecuzione dell'opera. Di seguito si dettagliano i contenuti essenziali degli elaborati citati.

20.1 Relazione tecnico-illustrativa delle opere architettoniche

La relazione tecnico-illustrativa delle opere architettoniche del Progetto Esecutivo descriverà in dettaglio, anche attraverso specifici riferimenti agli elaborati grafici, i criteri utilizzati per le scelte progettuali esecutive, per i particolari costruttivi e per il conseguimento e la verifica dei prescritti livelli qualitativi.

La relazione generale illustrerà i criteri seguiti e le scelte di dettaglio effettuate per trasferire sul piano costruttivo le soluzioni tipologiche, funzionali, architettoniche e tecnologiche del Progetto Definitivo posto a base di gara, nonché la descrizione delle ulteriori indagini, rilievi e ricerche effettuati al fine di ridurre, in corso di esecuzione, la possibilità di imprevisti.

20.2 Elaborati grafici

Gli elaborati grafici esecutivi costituiscono lo sviluppo del progetto e dovranno essere redatti in scala tale da consentire all'esecutore una sicura interpretazione ed esecuzione dei lavori in ogni loro elemento.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Gli elaborati grafici, in particolare, saranno costituiti da:

- elaborati grafici generali relativi alle finiture e alla segnaletica nonché quelli delle sistemazioni esterne atti ad individuare il rapporto tra gli elementi e tra questi ed il contesto generale;
- elaborati dei particolari costruttivi atti ad individuare le modalità esecutive di dettaglio, al fine di definire le caratteristiche dimensionali e prestazionali dei componenti e di limitare la possibilità di imprevisti;

Gli elaborati devono consentire la definizione ed il dimensionamento dei componenti in ogni loro aspetto generale e particolare, identificando ogni elemento per forma, tipologia, qualità e dimensioni, in modo che sia possibile una esatta valutazione quantitativa ed economica ed escludere la necessità di variazioni in corso di esecuzione.

Più dettagliatamente, il contenuto degli elaborati grafici del progetto esecutivo da ritenersi indicativo e non esaustivo deve essere suddiviso come segue:

- Pavimenti e rivestimenti: pianta di tutti i livelli di stazione - scala 1:50 (compresa la zona dei locali tecnici)
- Pavimenti e rivestimenti: pianta di tutti i pozzi - scala 1:50 (compresa la zona dei locali tecnici)
- Controsoffitti: pianta di tutti i livelli di stazione - scala 1:50.
- Sezioni longitudinali e trasversali in numero sufficiente da illustrare compiutamente tutte le pareti interessate dagli interventi di rivestimento e di controsoffittatura – scala 1:50.
- Pavimenti, rivestimenti, controsoffitti: particolari e dettagli - scala 1:20, 1:10, 1:5.
- Abaco degli infissi – scala 1:50
- Porte e saracinesche: particolari e dettagli tecnologici - scala 1:20, 1:10, 1:5.
- Pianta e sezioni di tutti i corpi scala di nuova realizzazione o oggetto di modifiche di qualunque genere, complete di rivestimenti, mancorrenti e/o balaustre e controsoffitti - scala: 1:20.
- Planimetrie della segnaletica di stazione (tutti i livelli) – scala 1:200
- Segnaletica di stazione, particolari – scala 1:50. 1:20
- Sistemazione superficiale: pavimentazioni, pianta - scala 1:50.
- Sistemazione superficiale: pavimentazioni, particolari e dettagli tecnologici - scala 1:20, 1:10, 1:5.
- Sistemazione superficiale: sezioni e prospetti scala 1:50, 1:20; particolari costruttivi scala 1:20, 1:10, 1:5.

Il Progetto esecutivo deve essere completo sul piano della progettazione funzionale e architettonica, contenere l'indicazione dei materiali da impiegarsi, la specifica delle loro caratteristiche intrinseche e di qualità, anche per gli aspetti di resistenza agli atti vandalici, alla

facilità di pulizia, alle condizioni di praticità della manutenzione. Deve inoltre contenere l'indicazione delle norme di riferimento.

20.3 Superamento barriere architettoniche

Il Progetto Definitivo, negli elaborati grafici, architettonici, impiantistici, nonché gli elaborati complementari, contiene le informazioni inerenti alle misure introdotte per il superamento delle barriere architettoniche, quali:

- per migliorare la mobilità all'interno delle stazioni è prevista l'installazione di ascensori con caratteristiche adeguate a chiunque, ed in particolare a coloro che, per qualsiasi causa, hanno una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea;
- gli ascensori sono equipaggiati con pulsantiere installate ad un'altezza massima dal pavimento pari ad 1m;
- l'accessibilità a raso ai treni per permettere e consentire alle persone con disabilità motoria su sedia a ruote di muoversi in modo il più possibile autonomo;
- per migliorare la mobilità all'interno delle stazioni è prevista l'installazione di scale mobili (anche se secondo istruzioni dell'Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti - Sezione provinciale di Torino, i non vedenti e gli ipovedenti tendono ad usare scale fisse con percorsi loges);
- il pavimento delle stazioni, sia all'interno che in superficie, è caratterizzato dalla presenza di percorsi tattili e la collocazione di mappe tattili per persone con disabilità visiva e adeguamento di sportelli di biglietteria;
- infine, le stazioni sono dotate di impianto di diffusione sonora per le informazioni in tempo reale di arrivo e partenza dei treni ed apertura e chiusura delle porte.

Inoltre, l'elaborato denominato "Carta dell'Architettura" riporta i percorsi e gli apprestamenti relativi al progetto "superamento barriere architettoniche".

In funzione di quanto sopra illustrato, nel Progetto Esecutivo bisognerà sviluppare, nelle scale grafiche adeguate, tenendo conto delle seguenti indicazioni (si veda Art. 20 del DPR 503/96 e s.m.i.):

- 1- gli elaborati tecnici devono chiaramente evidenziare le soluzioni progettuali e gli accorgimenti tecnici adottati per garantire il rispetto delle prescrizioni di cui al presente regolamento.
- 2- Al fine di consentire una più chiara valutazione di merito, gli elaborati tecnici devono essere accompagnati da una relazione specifica contenente la descrizione delle soluzioni progettuali e delle opere previste per la eliminazione delle barriere architettoniche, degli accorgimenti tecnico-strutturali ed impiantistici e dei materiali previsti a tale scopo.
- 3- Quando vengono proposte soluzioni alternative la relazione di cui al comma 2 corredata dai grafici necessari, deve essere integrata con l'illustrazione delle alternative e dell'equivalente o migliore qualità degli esiti ottenibili.

21. IMPIANTI NON DI SISTEMA DI STAZIONE

Si presenta di seguito una descrizione degli impianti presenti nelle varie tipologie di stazione, tali caratteristiche sono ritenute a titolo informativo per la valutazione del contesto tecnico generale dell'opera, si specifica che, in ogni caso, per singola tipologia di stazione le caratteristiche saranno quelle descritte nei documenti relativi alla precedente fase di progettazione (ove presente) o comunque conformi a quanto richiesto dalla Stazione Appaltante nell'ambito delle informazioni da considerare alla base dell'attività di progettazione.

21.1 Impianti idrico sanitari

Per quanto concerne l'adduzione idrica di stazione è prevista una connessione alla rete cittadina basata sugli schemi di collegamento predisposti dell'ente erogatore, all'ingresso della stazione sarà inoltre presente un dispositivo di controllo e regolazione della pressione di alimentazione al fine di gestire la distribuzione interna alla stazione.

La rete di distribuzione si diramerà a partire da un collettore principale collocato (se possibile) nella centrale idrica posizionata al piano atrio, e da lì, verso i collettori secondari (ubicati tra il piano atrio, mezzanino e sottobanchina a seconda della tipologia di stazione) dai quali saranno distribuite le utenze nelle principali aree di stazione a tutti i livelli (principalmente in corrispondenza degli armadietti idranti), verso i locali adibiti a servizio o pulizie, e in galleria verso il pozzo di ventilazione adiacente.

Le attività previste sono relative alle utenze sanitarie (dedicate solo al personale operativo), pulizia e lavaggio oltre alla eventuale alimentazione di una eventuale zona servizi posta al piano atrio.

Sono inoltre previste le seguenti installazioni, derivate dal collettore distribuito in galleria:

- n. 2 rubinetti di lavaggio nel tunnel, immediatamente a monte e a valle della stazione;
- n. 2 rubinetti di lavaggio nel pozzo di ventilazione adiacente: uno situato nel tronchino di collegamento fra pozzo e galleria; uno situato nel locale ventilatore, con derivazione percorrente la canna di ventilazione.

21.2 Impianti di drenaggio e aggettamento di stazione

L'impianto di aggettamento delle acque di stazione sarà costituito da una vasca di accumulo posizionata nel punto più basso della stazione con accesso dal piano sottobanchina. La vasca sarà corredata almeno da tre pompe di rilancio che indirizzeranno lo scarico verso la camera sifonata della rete fognaria cittadina mediante tubazioni di risalita corredate di valvole di non ritorno e valvole di sezionamento. Le pompe avranno la caratteristica di resistenza corrispondente alla tipologia delle acque collezionate e ai residui in esse contenute; pertanto, potranno essere di tipo di trituratrice (per i punti bassi della vasca) e di rilancio con idonei sistemi di flussaggio della girante. Il sistema dovrà essere dimensionato secondo un grado di ridondanza idoneo ad assicurare l'operatività della stazione in caso di massimo carico ed indisponibilità parziale dell'impianto sulla base delle indicazioni tecniche e fattori di sicurezza che saranno concordati con il progettista delle opere idrauliche. Vasche di accumulo dedicate saranno posizionate in

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

corrispondenza degli accessi per recepire le acque meteoriche provenienti dalle scale mobili e rilanciate per mezzo di pompe trituratrici verso la vasca principale.

Gli scarichi relativi ai servizi igienici di stazione dovranno essere corredati di sistema autonomo di accumulo (stagno) disposto al livello sottobanchina, sollevamento e connessione alla rete fognaria con condotta separata rispetto al sistema di rilancio dell'aggettamento.

La rete di drenaggio relativa al recepimento delle acque di drenaggio meteoriche in provenienza dagli accessi, dai vani di ventilazione, dal vano ascensore esterno etc. saranno indirizzate nella vasca di aggettamento di stazione.

21.3 Impianti di ventilazione di emergenza in stazione

La ventilazione di emergenza di stazione è strutturata sui criteri basilari espressi dal D.M. 21/10/2015 o, in via subordinata, dal D.M. 11/01/1988 (a seconda dell'applicazione), in funzione del carico di incendio nei vari scenari di riferimento, del rispetto dei parametri di stato critico per la sicurezza e condizioni sostenibili per la vita umana.

Le analisi alla base del progetto, modellazione tridimensionale CFD (ove disponibile) saranno propedeutiche alla selezione della tipologia di sistema, dei ventilatori e della distribuzione aeraulica connessa, tenendo in debita considerazione tutte le norme di sistema e di prodotto che consentono di raggiungere la resistenza e la performance richiesta dall'impianto.

Parimenti sono considerate le separazioni aerauliche necessarie all'interno del contesto di stazione al fine di compartimentare le aree appartenenti ai percorsi protetti rispetto alle aree di incendio. I dispositivi di ventilazione dovranno avere una classe non inferiore a F400/90 min (come richiesto ai sensi del D.M. 21/10/2015) o differente solo se esplicitamente richiesto dalla Stazione Appaltante. L'impianto di ventilazione dovrà essere gestibile in remoto dal Posto Centrale di Controllo della linea.

Per quanto concerne il criterio di applicazione nel contesto di stazione le camere di ventilazione sono collegate al vano esterno dimensionato in modo idoneo ai flussi massimi previsti in emergenza. I componenti principali sono:

- silenzianti (aperti o boxed canalizzati);
- ventilatori assiali reversibili;
- giunti e componenti di connessione;
- serrande di separazione (certificate per sistemi di fumo e calore);
- canalizzazioni di distribuzione (certificate per sistemi di fumo e calore).

La modalità di distribuzione delle portate di aria di emergenza in immissione o estrazione sarà coniugata (se possibile) a quella del sistema di climatizzazione al fine di creare un sistema comune con utilizzo di canali ad elevata caratteristica di resistenza idonei e certificati per lo smaltimento dei fumi. Il sistema di ventilazione di emergenza potrà operare in regime di ventilazione normale qualora richiesto da un particolare contesto di utilizzo come, ad esempio, la ventilazione diretta

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

in opzione al condizionamento, qualora vi sia la possibilità di filtrare l'aria in ingresso (opzione da studiare in relazione al requisito ambientale) e le condizioni termo-igrometriche esterne lo consentano, da eventuali situazioni legate a tematiche manutentive di impatto sulla gestione ordinaria, o da altre necessità.

Per le stazioni di tipo superficiale si applicherà inoltre il sistema di evacuazione ai sensi della UNI 9494-2 come da D.M. 21/10/2015 (Capo V.3 punto 7), questo al fine di razionalizzare il contesto relativo agli ambiti predetti, senza però diminuire il livello di sicurezza degli apparati di estrazione fumi.

Gli scenari che saranno ipotizzati seguiranno la numerazione di base presente nel D.M. 21/10/2015:

- Scenario 1: incendio a bordo treno in stazione
- Scenario 2: incendio a bordo treno fermo in galleria (caso studiato in altra sezione)
- Scenario 3: incendio di una eventuale attività commerciale (non presente o eventuale caso relativo alla distribuzione di vivande in atrio)
- Scenario 4: incendio in un locale tecnico (se non studiato nell'ambito della ventilazione in quanto gestito solo con sistema Water Mist)

I casi aggiuntivi rispetto al contesto base richiesto dal decreto saranno inseriti con numerazione integrativa sulla base del contesto esperienziale del progettista nell'ambito della gestione della casistica, ma dovranno essere poi vagliati opportunamente in sede di progetto definitivo e validati attraverso la relativa modellazione come previsto.

21.4 Impianti di sovrappressione e separazione aeraulica

Nelle stazioni interrato di tipo superficiale ed in quelle di tipo chiuso (sulla base del D.M. 21/10/2015 Capo V.3.2) la compartimentazione aeraulica tra galleria di stazione ed i percorsi protetti può essere realizzata anche solo con l'installazione di barriere d'aria, opportunamente dimensionate, nei varchi che costituiscono i passaggi tra i due compartimenti. Potranno essere utilizzati, per la compartimentazione, dispositivi diversi qualora ne venga dimostrata l'equivalenza prestazionale. Nelle stazioni profonde la compartimentazione aeraulica del percorso protetto sarà realizzata con le barriere d'aria integrate da un sistema di ventilazione degli stessi percorsi protetti che immetta adeguate portate d'aria verso la galleria di stazione, in modo che tali percorsi risultino in sovrappressione rispetto alla zona dell'incendio. Potranno essere utilizzati per la compartimentazione dispositivi diversi qualora ne venga dimostrata l'equivalenza prestazionale.

Per quanto concerne i filtri a prova di fumo con pressurizzazione positiva o altra tipologia, eventualmente richiesti nell'ambito dei percorsi protetti, a protezione delle uscite di emergenza o degli accessi alle aree tecniche si seguirà quanto richiesto dal D.M. 30 novembre 1983 e modifiche D.M. 9 marzo 2007, sono inoltre da considerare il D.M. 03/08/2015, e la norma UNI EN 12101-6:2005.

21.5 Impianti di condizionamento delle stazioni (per le stazioni con climatizzazione)

La progettazione del sistema di condizionamento delle stazioni è basata sui seguenti fattori primari:

- condizioni termo-igrometriche esterne;
- aria di rinnovo e immissione aria esterna;
- gestione dinamica delle condizioni ambientali interne del contesto stazione verificate sulla base delle caratteristiche di affollamento registrate nell'unità di tempo prescelta;
- condizioni ambientali riscontrate all'interno del materiale rotabile (dotato di un proprio sistema di ventilazione e condizionamento).

Inoltre, sulla base della durata della permanenza media dei passeggeri nell'ambito della stazione, con valori massimi compresi nel range 10÷12 minuti, si dovrà dimensionare il sistema di condizionamento con l'obiettivo di una mitigazione delle condizioni di transizione tra esterno ed interno stazione (atrio-esterno) e tra la condizione ambientale interna al treno e quella interna di stazione (banchina-atrio).

Dovrà essere attentamente valutata la quota parte di aria primaria esterna da introdurre in stazione, a seconda del regime di stazione (esercizio attivo o meno), a seconda della dinamica del numero dei passeggeri presenti in stazione (saldo ingressi/uscite dal sistema di controllo varchi), e dalle disposizioni in materia relative alle normative di riferimento in materia impiantistica e di sanità pubblica.

Infine, ulteriore compito affidato al sistema di condizionamento è quello di provvedere, nelle modalità che saranno applicabili, alla filtrazione dell'aria esterna (di inquinanti quali PM10, PM2.5, etc.) in ingresso ai sensi della normativa applicabile e delle Linee Guida ASL e ARPA Piemonte. In relazione a questo tema il Progettista dovrà valutare tecnicamente i requisiti generali richiesti dagli Enti competenti e progettare un sistema di ventilazione e condizionamento che assicuri il rispetto dei limiti previsti.

Il sistema di distribuzione aeraulica potrà essere, ove possibile, integrato tra impianto di condizionamento ed impianto di ventilazione di emergenza, in modo da limitare l'ingombro e la quantità delle canalizzazioni e dei dispositivi di controllo della portata presenti in stazione. Tale valutazione sarà effettuata congiuntamente con la Stazione Appaltante a seguito dello sviluppo della progettazione e unitamente alle fasi di gestione della stazione (esercizio attivo o meno, regime di pulizia e manutenzione, regime notturno). I ventilatori di estrazione fumi potranno essere considerati come parte attiva della ventilazione in regime normale in un contesto di free-cooling o semplicemente nella condizione operativa che non preveda il controllo attivo del carico termico, sempre nel limite del controllo dell'ingresso di inquinanti in stazione.

21.5.1 Condizioni ambientali di riferimento

Le condizioni ambientali di progetto previste dalla normativa UNI 10349-2016, ed in buona parte confermate dalla norma (ASHRAE 2017 – o se disponibile 2021 - ASHRAE Handbook –

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Fundamentals), costituiscono il riferimento progettuale minimo per il sistema di condizionamento. A questo si aggiungono la base dati riscontrabile relativa al contesto microclimatico cittadino (fonte Arpa Piemonte – anni 1994-2018 o successive se disponibili) e le specifiche richieste provenienti dal Comune di Torino e redatte dall'attuale gestore della Linea 1, basate sull'esperienza di esercizio prodotta negli ultimi dieci anni.

21.5.2 Qualità dell'aria

La selezione dovrà essere basata sulla UNI EN 16798-3:2018 si giungerà quindi a valutare la classificazione dell'aria esterna e la corrispondente classificazione di aria interna richiesta ai fini dell'esercizio dell'ambiente metropolitana. Tale studio dovrà tenere in considerazione le informazioni ed i requisiti provenienti dagli Enti locali di riferimento in materia ambientale e sanitaria (ASL e ARPA Piemonte) per la scelta dei parametri di norma.

Classificazione dell'aria estratta ETA e dell'aria espulsa EHA.

Classificazione dell'aria esterna ODA.

Classificazione in base alla qualità dell'aria interna IDA.

Calcolo della portata di aria esterna

Conseguentemente saranno determinati gli elementi di filtrazione passiva ed attiva (controllo del particolato anche connessa a sensoristica esterna) da inserire nelle unità di condizionamento o alle prese di ventilazione, compatibilmente con le funzionalità e agli spazi disponibili nell'ambito dei locali tecnici di stazione.

21.5.3 Impianto di condizionamento aree aperte al pubblico

Il condizionamento in termini di sola mitigazione delle condizioni termiche interne, e di conseguenza della immissione di aria fresca esterna, è strutturato in modo da seguire sia l'andamento dinamico della presenza dei passeggeri in stazione, sia un target di temperatura definito solo come riferimento. Le condizioni interne sono quindi risultanti dalla serie di considerazioni premesse e dalla valutazione del gradiente di temperatura effettivo tra l'ambiente "treno" e l'ambiente "stazione" al fine di non creare, per quanto possibile, effetti di sbalzo termico significativi per i passeggeri. Le unità di trattamento saranno quindi unità in prelievo di aria esterna per il tramite dei vani di ventilazione con l'interposizione di differenti sezioni:

Silenziatori

Filtrazione

Batterie trattamento e post trattamento (raffrescamento/riscaldamento).

Sezioni ventilanti di mandata e ripresa

Recupero di calore (batterie accoppiate)

Sezioni di miscela e di By-pass per il free-cooling;

Dispositivi antivibranti;

Canali di distribuzione (con criterio di pulizia);

Rete sensori ambientali (interni ed esterni).

L'alimentazione termica delle UTA potrà avvenire attraverso sistemi ad espansione diretta a condensazione esterna o mediante applicazione di altri impianti idronici ad energia rinnovabile di tipo geotermico a circuito chiuso (anche da geostrutture energetiche), in questo caso la potenzialità degli impianti dovrà essere correlata alle prestazioni a bassa entalpia risultanti.

21.5.4 Impianti di condizionamento aree tecniche

Il condizionamento delle aree tecniche (locali tecnici di stazione) avverrà mediante la distribuzione dell'aria primaria prevista per mezzo di recuperatori di calore dedicati (ove richiesto), per le varie tipologie applicative secondo livelli qualitativi sopra citati, e secondo le condizioni ambientali ammissibili dalle apparecchiature tecniche previste negli stessi locali.

I locali tecnici saranno condizionati mediante sistemi ad espansione diretta (ove possibile a volume variabile di refrigerante) a condensazione esterna con criterio di affidabilità elevata (unità di servizio + unità di riserva per le motocondensanti).

I carichi termici corrispondenti dovranno essere valutati in funzione delle specifiche relative agli impianti di sistema e non di sistema presenti in ciascuna area con la considerazione di un idoneo coefficiente di sicurezza che tenga in considerazione: sia la eventuale ridondanza richiesta, sia l'aumento del carico termico risultante derivato dal possibile incremento dei dispositivi ospitati nelle singole aree, con particolare attenzione alle aree relative agli apparati di sistema e segnalamento.

Si specifica che le aperture verso l'esterno in corrispondenza dei corridoi dei locali tecnici con specifico riferimento ai vani di calaggio e ventilazione dovranno essere considerate separate dalla zona condizionata per mezzo di idonee chiusure (non permanenti) che consentano, in ogni caso, il semplice accesso manutentivo alle unità di condizionamento esterne o al calaggio degli apparati.

21.5.5 Disposizioni e verifica applicazione Linee Guida controllo legionellosi

È richiesto uno studio dedicato al controllo ed alla prevenzione della proliferazione della legionellosi negli impianti di condizionamento e sanitari, riportando nel dettaglio le azioni preventive e le verifiche in termini di gestione ordinaria degli impianti che dovranno essere poste in essere al fine di evitare qualsiasi rischio di proliferazione. Pertanto per quanto concerne la parte aeraulica dovrà essere particolarmente curato l'aspetto della pulizia dei canali predisponendo idonee aperture per l'accesso dei sistemi di pulizia (anche robotizzati) con particolare attenzione agli elementi come serrande, silenziatori a canale (se esistenti), connessioni con terminali e particolarità del circuito. Per quanto concerne gli apparati, particolare attenzione dovrà essere posta alla pulizia delle batterie di scambio termico delle unità di trattamento aria, ai filtri, alle prese d'aria esterna e allo scarico dell'acqua di condensa. Inoltre si richiede la verifica delle pompe di calore refrigerazione/riscaldamento (pompe di calore aria/acqua reversibili) e alle relative parti di impianto. Per l'acqua calda sanitaria trattamenti periodici di shock termico o equivalenti dovranno essere predisposti nell'impianto relativo ai servizi di stazione.

21.5.6 Geotermia – (Geostrutture Energetiche)

La possibilità di alimentare il sistema di condizionamento di stazione con impianti geotermici a bassa entalpia (tipologia geostrutture energetiche) è basata sulla modellazione in fase di sviluppo in collaborazione con il Politecnico di Torino.

Si è proceduto ad effettuare una prima valutazione di massima dell'applicabilità della produzione di energia termica estiva ed invernale derivata dalla suddivisione in classi omogenee di appartenenza per le singole intertratte per TBM e C&C e, conseguentemente, in termini di variazione di temperatura del fluido termovettore in inverno (ΔT_i) ed in estate (ΔT_e) riferita ad ogni tratta nella quale è stata suddivisa l'intera linea della metropolitana oggetto del presente studio.

L'analisi è stata inoltre sviluppata per ogni porzione di tratta oggetto di singola valutazione studiando i profili delle temperature nel tempo in modo da definirne l'andamento nei vari regimi fino alla stazionarietà. A tal proposito sono stati quindi analizzate, oltre al caso relativo alla condizione più conservativa di 30 giorni, anche le differenze di temperature risultanti in analisi comparata a 6, 14 giorni, evidenziando valori differenti utili alla definizione della potenzialità della linea anche in condizioni differenti.

I dati dedotti dal modello dovranno essere sviluppati e applicati dal Progettista per effettuare le valutazioni progettuali di applicabilità e inerenti alla potenzialità del lato sorgente di una pompa di calore reversibile installata in stazione o, in via subordinata, per definire la potenza termica a bassa entalpia disponibile al singolo ricettore o ad una futura rete di distribuzione superficiale. Il sistema geotermico in oggetto è a circuito chiuso. La prestazione del sistema dovrà essere confrontata con i fabbisogni termici stagionali di stazione o del recettore individuato (estivo ed invernale).

Nella galleria a scavo meccanizzato il sistema è idraulicamente connesso ai singoli conci attraverso dei collettori di tratta e da qui fino alla stazione di riferimento, dove un sistema di pompaggio (da collocare nel sottobanchina o in altra posizione a seconda della tipologia di stazione) consentirà il flusso verso la centrale HVAC dove avviene lo scambio termico o l'indirizzo verso la rete esterna.

In via subordinata il sistema può essere integrato nelle strutture/paratie di stazione, della galleria artificiale, dei pozzi e manufatti.

Sono considerati nello scopo del lavoro del Progettista la progettazione e la produzione degli elaborati corrispondenti (schemi, layout, selezione punti di connessione, metodologia dell'utilizzo della risorsa).

21.5.7 Impianto termico

Per quanto concerne l'impianto termico di stazione si dovrà provvedere alla progettazione di una pompa di calore acqua-acqua connessa lato sorgente con il generatore geotermico per mezzo di

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

uno scambiatore a piastre e delle pompe di circolazione. Contestualmente si dovrà prevedere una duplice possibilità di utilizzo portando, in alternativa, la potenza del generatore anche verso l'esterno (rete dei ricettori) in caso di non utilizzo della risorsa da parte della stazione.

La disponibilità geotermica non sarà sufficiente a bilanciare la richiesta alla pompa di calore di tutte le singole stazioni (sulla base dei fabbisogni termici calcolati), sarà quindi necessario in ogni caso prevedere un impianto in pompa di calore reversibile tradizionale aria-acqua disponendo la macchina in uno dei vani esterni (con criterio full-back-up). In via subordinata si potranno esaminare contesti alternativi in accordo con la Stazione Appaltante.

21.6 Impianti elettrici non di sistema di stazione

A partire dal Quadro Generale, disposto nel Locale PEF o nel locale QGBT (a seconda della tipologia di stazione), saranno poi diramate le alimentazioni secondarie in bassa tensione secondo una topologia a stella verso i vari quadri posti nelle varie zone o verso le utenze presenti nella stazione. Esse saranno realizzate in cavo, transitanti in canaline predisposte e separate sia per disciplina (ventilazione, condizionamento, ecc.), sia per il percorso nella stazione. Nei quadri di zona saranno presenti le singole protezioni, controlli e comandi per le utenze di servizio e di sicurezza. Tali sistemi conferiscono la maggiore selettività in caso di guasto o mal funzionamento e quindi la minor interrompibilità del servizio. Le utenze sono monitorate e le più importanti, inerenti alla sicurezza, alimentate da sistemi di continuità assoluta ridondati ai sensi del D.M., riducendo drasticamente le probabilità di accadimento di eventi pericolosi, aumentando al massimo l'efficienza di funzionamento.

A partire dal QGBT la forza motrice viene indirizzata verso i quadri primari in bassa tensione costituiti principalmente da:

- quadri ventilatori di stazione;
- quadro locali tecnici di stazione;
- quadro condizionamento (ove presente la climatizzazione);
- quadro no-break;
- quadri di coordinamento antincendio e ventilazione (UCAV);
- quadri pompe antincendio;
- quadro livello atrio e mezzanino (secondo il numero di livelli della stazione);
- quadro livello banchina e galleria via 1 e via 2;
- quadri scale mobili;
- quadri ascensori;
- quadro varchi;
- quadri accessi;
- quadro aggettamento.

Da questi quadri principali saranno poi diramate ulteriori alimentazioni secondarie, a servizio di utenze puntuali, distribuite e concentrate o verso i quadri di alimentazione terminale.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Sono da considerarsi alimentazioni di tipo "Normale" ad esempio le seguenti:

- illuminazione ordinaria;
- prese di forza motrice di servizio;
- cavi scaldanti;
- ventilatori a servizio dei singoli locali tecnici;
- utenze di riscaldamento e climatizzazione;
- unità di trattamento aria primaria;
- pompe di circolazione;
- eventuali utenze di arredo architettonico o pubblicitarie.

Le alimentazioni di sicurezza (carico alimentato entro 0,5 s e per 120 min ai sensi del D.M. 21/10/2015 – Capo VII.2 – ove applicabile ai sensi del D.M. 11/01/1988) sono:

- illuminazione di sicurezza;
- allarme;
- impianto di rivelazione incendio;
- diffusione sonora;
- videosorveglianza;
- impianti citofonici;
- ascensori (funzioni emergenza);
- telecomando e controllo.

Inoltre, per quanto riguarda i servizi di emergenza (carico di sicurezza alimentato entro 120 s ai sensi del D.M. 21/10/2015 – Capo VII.2) saranno considerati i seguenti impianti:

- impianto di controllo fumi;
- ascensori di emergenza;
- scale mobili in funzione ed utilizzate durante l'esodo;
- impianti di estinzione incendi;
- varchi da aprire automaticamente in caso di emergenza.

Si specifica che le reti di alimentazione e segnale relative i sistemi di sicurezza dovranno seguire quanto previsto al Capo VII.5 del D.M. 21/10/2015 (e ai decreti in esso richiamati), in modo particolare ci si riferisce alla verifica relativa alla continuità di esercizio (vie cavi, cavi, supporti, derivazioni, compartimentazioni).

21.6.1 Fonte dell'alimentazione elettrica primaria

Gli impianti elettrici non di sistema relativi alla Linea Metropolitana saranno alimentati dal Quadro generale di bassa tensione (QGBT) presente nella cabina elettrica di stazione (progettati a cura delle opere di Sistema). In sintesi, nelle stazioni saranno installati nr.2 trasformatori che porteranno la tensione primaria dal valore definito per la media tensione (ad esempio a 22 kV)

210 di 310

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

alla bassa tensione con la ridondanza e la morfologia ammessa dal D.M. 21/10/2015. Gli apparati dovranno essere ospitati nei locali tecnici ai sensi del Capo VII.3 e VII.4 dello stesso Decreto o in via subordinata ai sensi del D.M. 11/01/1988.

È prevista l'installazione di due dorsali di MT interconnesse in corrispondenza dei diversi punti di adduzione (Cabine di Smistamento). Le dorsali sono configurate in radiale (anello aperto) con alimentazione bilaterale. Sarà possibile quindi alimentare tutte le cabine sottese a due punti di alimentazione da entrambi i lati. Inoltre, è prevista la possibilità di utilizzare altri scenari, quali alimentazione da entrambe le dorsali con apertura delle linee in una cabina MT/BT intermedia qualsiasi. Opportuni interblocchi elettrici, meccanici o logici, impediranno il parallelo (volontario o involontario), delle linee MT sottese a due punti di alimentazione, qualsiasi sia la configurazione della rete MT.

Con origine dalle Cabine di Smistamento verranno raggiunte le Cabine MT/BT di Stazione e di Pozzo (sono previste nr.2 Cabine MT/BT distinte sia nelle stazioni che nei pozzi tra di loro compartimentate e alimentate da dorsali diverse) mediante la distribuzione dei cavi di MT in percorsi separati sulle due vie di linea (via 1 e via 2). È prevista la posa in passerelle/cunicoli, lungo la linea, mentre in prossimità delle stazioni/pozzi le dorsali saliranno nei cavedi verticali con percorsi compartimentati, fino ad arrivare ai due locali Media Tensione. Quest'ultima configurazione sarà utilizzata in ottemperanza alle stazioni e ai pozzi progettati con D.M. 21/10/2015.

21.6.2 Quadri di Stazione (secondari e a servizio delle utenze concentrate)

In ogni stazione dovranno essere previsti, alimentati dal Quadro Generale di Bassa Tensione, quadri secondari destinati all'alimentazione delle utenze distribuite (essenzialmente apparecchi illuminanti e prese di forza motrice), ma anche di alcune utenze concentrate di secondaria importanza, che non è opportuno derivare direttamente dal quadro primario.

Le utenze concentrate più importanti (ventilatori, scale mobili, ascensori, pompe ecc.) saranno corredate di quadri direttamente alimentati dal QGBT; alcuni di questi quadri (per ascensori, scale mobili, pompe antincendio) sono normalmente a corredo dell'apparecchiatura alimentata. Nel caso delle scale mobili e degli ascensori dovrà comunque essere prevista l'installazione di quadri di sezionamento posizionati in corrispondenza dell'utenza e nei pressi della stessa. L'operatore dovrà pertanto poter utilizzare tali quadri come sezionamento di sicurezza in caso di interventi sulle apparecchiature. Poiché le stazioni potrebbero essere non presidiate, devono essere previsti comandi a distanza e le necessarie segnalazioni verso l'interfaccia con il sistema automatico di esercizio della linea metropolitana. In particolare, pertanto tutti i quadri a servizio delle suddette apparecchiature dovranno essere dotate di una sezione "No-break" per l'alimentazione degli apparati di Supervisione e Controllo.

Alcuni quadri principali di piano (ad esempio Quadro Locali tecnici, Quadro Atrio, Quadro Mezzanino, Quadro Banchina Galleria, ecc.) dovranno essere dotati una doppia sezione, "Normale" e "No-Break". Da tale sezione verranno alimentate, oltre agli apparati di Supervisione e Controllo, anche le utenze di sicurezza presenti nelle zone di competenza del quadro stesso. In

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

particolare, dai Quadri Banchina Galleria Via 1 e Via 2 avranno origine le linee di alimentazione dei corpi illuminanti di galleria e le dorsali per l'alimentazione No-Break delle utenze di Pozzo.

21.6.3 Elenco carichi elettrici

Per ogni stazione dovrà essere prevista la redazione dei relativi elenchi carichi elettrici dettagliati per i casi di esercizio normale e di emergenza secondo uno schema di verifica da concordare con la Stazione Appaltante.

21.7 Impianto di terra e di protezione contro le correnti vaganti

Dovranno essere previsti i sistemi di messa a terra, collegamento equipotenziale, protezione contro le correnti vaganti.

I sistemi di messa a terra comprendono la terra di protezione e la terra funzionale.

Dove possibile, i conduttori di terra al di fuori di componenti e quadri saranno inclusi in cavi multipolari.

Gli impianti di terra di stazione e di galleria non saranno metallicamente connessi, per impedire la propagazione delle correnti vaganti. Pertanto, la rete di terra è divisa in più tratte, ciascuna delle quali con una propria terra per la protezione dell'insieme delle opere e delle apparecchiature della tratta stessa. Ogni tratta della linea sarà isolata dalle due tratte adiacenti, allo scopo di impedire la propagazione delle correnti vaganti a grandi distanze, con opportuni giunti dielettrici che realizzano la discontinuità elettrica necessaria.

Sia la terra di protezione, che la terra funzionale, avranno il proprio dispersore realizzato nell'ambito delle Opere Civili. Per la terra di protezione il dispersore sarà composto da una maglia in tondini di acciaio zincato, saldati tra loro, immersa nel terreno sotto il piano di fondazione. Per la terra funzionale il dispersore sarà composto da una piastra in rame elettrolitico posto all'esterno della paratia del vano di calaggio o in altra zona ritenuta possibile rispetto alla funzione.

Nei locali cabine MT/BT e nei locali correlati verrà garantita l'equipotenzialità mediante l'installazione di quanto di seguito descritto:

- maglia equipotenziale sotto il pavimento;
- bandella di terra continua lungo tutto il perimetro del locale.

La suddetta bandella costituirà il nodo equipotenziale principale, al quale verranno collegati:

- il dispersore di terra di stazione;
- la maglia equipotenziale sottopavimento;
- i centri-stella dei trasformatori MT/BT;
- tutte le masse metalliche;
- i conduttori di protezione fino ai vari quadri secondari;
- i conduttori per la messa a terra delle canalizzazioni.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Nei restanti locali tecnici verrà garantita l'equipotenzialità mediante le medesime installazioni sopra previste.

I centri-stella dei trasformatori saranno connessi ai rispettivi nodi equipotenziali. In stazione il sistema di distribuzione sarà di tipo TN-S (conduttori di neutro e di protezione separati ma connessi allo stesso impianto di terra).

21.8 Impianti fotovoltaici

Per le stazioni ad un livello interrato ed atrio fuori terra (S1L) sono inserite all'interno delle specifiche elettriche i principi di progettazione inerenti agli impianti fotovoltaici che, opzionalmente, potranno essere previsti in corrispondenza della copertura dei locali tecnici di stazione, nel rispetto del progetto architettonico e tenendo conto dell'orientamento atto a massimizzare la produzione di energia elettrica. Di conseguenza i pannelli dovranno essere previsti in silicio monocristallino e quindi con la massima potenza di picco disponibile. All'interno dei locali tecnici è previsto un locale dedicato ad ospitare le apparecchiature specifiche.

21.9 Impianti di illuminazione

Come richiesto dal D.M. 21/10/2015 o dal D.M. 11/01/1988 tutte le stazioni chiuse sono dotate di un impianto di illuminazione ordinaria e di riserva al fine di garantire, eventualmente con il contributo degli impianti di sicurezza, le prestazioni richieste dalla norma UNI 8097. La progettazione degli impianti ed il posizionamento degli apparati devono essere tali da minimizzare il degrado funzionale in caso di guasto o fuori servizio del servizio di illuminazione. Come condizione ammissibile di degrado, in condizioni di esercizio normale, si ammette un valore dell'illuminamento residuo $> 50\%$ del valore minimo nominale di progetto indicato dalla UNI 8097. Tutti gli apparati saranno del tipo LED.

I valori di riferimento illuminotecnici minimi per le diverse condizioni sono desunti dal prospetto 1 della Norma citata. Sempre con riferimento al prospetto 1 debbono ottenersi i livelli prescritti di uniformità (per la disposizione dei corpi illuminanti) e di resa cromatica (per la scelta del corpo illuminante). L'illuminazione esterna relativamente agli accessi ed agli ascensori, verrà comandata mediante sensori crepuscolari.

21.9.1 Impianti di illuminazione normale stazioni

Dovranno essere rispettate le prescrizioni contenute nel D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008, nonché le norme UNI EN 12464-1 e UNI UNIFER 8097.

L'illuminazione artificiale deve assicurare una buona visibilità negli ambienti normalmente frequentati dagli utenti e dagli addetti al servizio.

Nelle stazioni sotterranee gli ambienti possono essere così distinti:

ambienti nei quali il pubblico non è ammesso (locali tecnici e zone di servizio);

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

ambienti aperti al pubblico (atrio con biglietteria e varchi, scale fisse e mobili, ascensori, mezzanino, banchine).

Nei locali tecnici, con possibilità di accesso solo per gli addetti al servizio (compreso il sottobanchina), deve essere conseguito un valore di illuminamento medio, sul piano di lavoro a 80 cm dal suolo, non inferiore a 200 lux, con l'impiego di apparecchi a led adeguati al locale di installazione, con l'eccezione del locale Segnalamento, nel quale deve essere previsto l'impiego di apparecchi illuminanti specifici idonei per locali con videoterminali, con compiti visivi severi e illuminamento medio non inferiore a 500 lux.

Nei corridoi tra locali tecnici, l'illuminamento medio non deve essere inferiore a 100 lux, da conseguire sempre con apparecchi a Led adeguati.

Negli ambienti aperti al pubblico l'illuminamento al suolo (superficie sensibile del luxmetro a 10 cm dal suolo) deve essere comunque non inferiore a 100 lux, con coefficienti di uniformità Emin/Emax non inferiori a 1/4.

Anche negli ambienti aperti al pubblico gli apparecchi dovranno avere caratteristiche stagne, in dipendenza delle condizioni di umidità e polverosità degli ambienti stessi.

L'impianto di illuminazione della stazione dovrà essere gestito per mezzo di un Sistema ad Intelligenza Distribuita del tipo DALI (Digital Addressable Lighting Interface) o equivalente. Il Sistema ad Intelligenza Distribuita dovrà utilizzare un protocollo di comunicazione integrato negli alimentatori elettronici dei corpi illuminanti. Lo standard utilizzato dovrà avere la caratteristica di essere non proprietario per garantire l'intercambiabilità tra gli alimentatori elettronici di diversi produttori. Tale Sistema dovrà consentire di controllare i singoli apparecchi di illuminazione associando un proprio indirizzo ad ogni alimentatore.

I rendering relativi ai calcoli di illuminamento dovranno essere valutati congiuntamente alla Stazione Appaltante al fine di verificare possibili contesti di approfondimento o ottimizzazione.

21.9.2 Impianti di illuminazione di sicurezza stazione

In conformità a quanto richiesto dal D.M. 21/10/2015 (nelle stazioni ove applicabile) tutti gli ambienti accessibili al pubblico ed al personale di servizio delle stazioni devono essere dotate di un sistema di illuminazione di sicurezza ridondante costituito da almeno un impianto con apparecchi dotati di alimentazione centralizzata e un impianto con apparecchi autoalimentati.

Gli impianti predetti dovranno assicurare i complessivi livelli di illuminamento minimi previsti dalle norme:

- banchine di stazione, scale fisse, scale mobili e percorsi protetti: 10 lux;
- altri ambienti aperti al pubblico: 5 lux;
- ambienti accessibili esclusivamente al personale tecnico: 2 lux.

Gli apparecchi illuminanti disposti lungo le vie di esodo delle stazioni dovranno essere installati almeno su due circuiti separati alternativamente.

Inoltre, nei tratti non protetti dei percorsi di sfollamento, i livelli di illuminamento citati dovranno essere garantiti anche in presenza di fumo correlato all'incendio di progetto. Tutti gli apparecchi installati in posizione accessibile al pubblico dovranno avere involucri con caratteristica di protezione contro gli impatti meccanici (come da requisito normativo).

21.10 Impianto rivelazione incendi di stazione

Il sistema di rivelazione incendi sarà progettato sulla base dei requisiti primari derivanti dal D.M. 21/10/2015 (salvo differente richiesta da parte della Stazione Appaltante) e dal decreto del Ministro dell'Interno del 20 dicembre 2012 "Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi".

L'impianto di rivelazione incendi di ogni stazione ha il compito di segnalare eventuali focolai di incendio identificati nella fase iniziale. Quindi, attraverso i dispositivi di rivelazione, i segnali inviati dalla centrale rivelazione incendi all'unità di controllo di stazione, dovranno consentire ai sistemi di gestione dell'emergenza di porre in atto le procedure di intervento previste.

L'impianto di rivelazione incendi è corredato da differenti tipologie di sensori selezionati in base ai requisiti di utilizzo dell'area prescelta e con diverse soglie di allarme ammesse, particolare attenzione dovrà essere posta nella progettazione del posizionamento, delle attivazioni e delle interfacce con i vari impianti di stazione, sulla base delle procedure attivabili nel contesto di emergenza di stazione ai sensi del D.M. 21/10/2015 (Capo I.1):

- incendio in un locale tecnico;
- incendio a bordo treno in stazione.

Inoltre, a seconda della tipologia di stazione, potranno essere considerati nello sviluppo della progettazione antincendio anche i casi di:

- incendio in atrio;
- incendio piani intermedi (nel caso di stazioni profonde);
- incendio in banchina.

In stazione dovranno essere posizionati pulsanti manuali e pannelli ottico-acustici per segnalare l'emergenza incendio. Gli allarmi provenienti dai pulsanti, come richiesto dal D.M. 21/10/2015 (Capo VI.3) dovranno essere tempestivamente verificati da personale addetto, prima dell'avvio del segnale di allarme generalizzato; la verifica può essere condotta anche mediante sistemi di video sorveglianza.

Per quanto riguarda la parte di galleria ubicata in stazione, all'interno del tunnel di banchina, questa è dotata di un idoneo sistema di rilevamento in fibra ottica o equivalente, in grado di fornire al centro di controllo la localizzazione esatta dell'incendio. Il segnale consentirà l'attivazione delle idonee strategie di ventilazione, di sfollamento e di intervento dei soccorsi.

21.11 Scale mobili

Le scale mobili da prevedere nel contesto delle stazioni della Linea dovranno essere rispondenti alla tipologia di idoneità inerente lo svolgimento di servizio pubblico nell'ambito dei sistemi di trasporto, dovranno essere rispondenti ai requisiti di legge ed alle normative specifiche di settore, si avranno le seguenti tipologie:

- Piano strada-atrio
- Piano Atrio – mezzanino (ove presente)
- Piano Mezzanino - banchina
- Piano Atrio-banchina (solo ove presente questa soluzione tecnica).

Le caratteristiche dell'ambiente in cui le scale mobili dovranno funzionare variano a seconda del luogo di installazione, in particolare:

- Per le scale interne in via esemplificativa:
 - o variazione di temperatura: da 0°C a +35°C;
 - o umidità massima: 80%;
 - o presenza di polveri corpi estranei quali: mozziconi di sigarette, carta, etc.
- Per le scale esterne le caratteristiche ambientali sono:
 - o variazione di temperatura: da -15°C a +40°C;
 - o umidità massima: 80%;
 - o presenza di polveri corpi estranei quali: mozziconi di sigarette, carta, etc.
 - o eventuale presenza di fogliame (stagionale), fango, neve, acqua e corpi estranei

Pertanto, i materiali considerati in progetto dovranno avere una buona resistenza alle temperature minime e massime alle quali sono esposte per il loro funzionamento.

Andranno effettuate anche considerazioni in relazione alle idonee contromisure al fine di corrispondere alle condizioni severe che potrebbero verificarsi nella fase di installazione, sia in termini di temperatura e umidità, che di polveri, acqua etc.

Tale esposizione non dovrà pregiudicare il futuro funzionamento delle scale mobili, deteriorare le parti verniciate, zincate o comunque protette.

Dovranno essere specificate nella progettazione delle ipotesi di vita tecnica media per i vari componenti dell'apparato, ai sensi della normativa applicabile e dei requisiti richiesti dalla Stazione Appaltante in termini di gestione manutentiva.

Saranno richiesti nell'ambito della documentazione di progetto gli elementi necessari per una corretta valutazione dei livelli di affidabilità (MTBF), inoltre dovrà essere prevista l'emissione delle

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

specifiche dei singoli componenti dell'impianto, delle liste dei controlli relativi alle operazioni di ispezione e del programma di manutenzione in funzione delle ore di funzionamento.

Dovranno essere prodotti schemi altimetrici e abachi in relazione alla singola stazione e alle corrispondenti tipologie adottate.

21.12 Ascensori Elettrici

Gli ascensori elettrici da prevedere nel contesto delle stazioni della Linea dovranno essere rispondenti alla tipologia di idoneità inerente lo svolgimento di servizio pubblico nell'ambito dei sistemi di trasporto, ai requisiti di legge ai sensi del D.M. 21/10/2015 e alle normative specifiche di settore le varie tipologie presenti per singola destinazione d'uso sono:

- Piano strada-atrio;
- Piano strada-banchina (con atrio a quota inferiore a -7,5 m dal piano di riferimento)
- Piano Atrio-banchina

Le caratteristiche dell'ambiente in cui gli ascensori elettrici dovranno funzionare variano a seconda del luogo di installazione, in particolare:

- Per gli ascensori interni in via esemplificativa:
 - o variazione di temperatura: da 0°C a + 35°C;
 - o umidità massima: 80%;
 - o presenza di polveri corpi estranei quali: mozziconi di sigarette, carta, etc.
- Per gli ascensori atrio-esterno e per gli ascensori atrio-banchina con sbarco di emergenza all'esterno le caratteristiche ambientali e le predisposizioni da considerare sono:
 - o variazione di temperatura: da -15°C a + 40°C;
 - o umidità massima: 80%;
 - o presenza di un sistema di ventilazione forzata nella parte superiore del vano;
 - o carter di protezione dall'irraggiamento solare per le apparecchiature soggette a temperature stagionali elevate;
 - o presenza di corpi estranei, quali mozziconi di sigarette, carta, ecc. (per sbarchi esterni anche presenza di fango, neve, acqua);
 - o caratteristiche termiche ed igrometriche di compatibilità con installazione in torrino vetrato esterno.
- Considerazione di idonee contromisure al fine di corrispondere alle condizioni severe che potrebbero verificarsi nella fase di installazione, sia in termini di temperatura e umidità, che di polveri, acqua etc.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- Tale esposizione non dovrà pregiudicare il futuro funzionamento degli elevatori, deteriorare le parti verniciate, zincate o comunque protette.
- In riferimento al possibile utilizzo di biciclette, è da verificare in progetto che il dimensionamento delle porte e della cabina ascensore sia idoneo al fine di consentire il consentire l'accesso delle biciclette (larghezza di riferimento pari a 1,2 m);
- La cabina dovrà essere in grado di ospitare almeno un ciclista assieme agli utenti abituali degli ascensori;
- Dimensioni minime cabina: 2,10 m di profondità, 1,10-1,20 m di larghezza, altezza interna 2,15 m;
- Dimensioni porte (ad ampia apertura) $\geq 1,10$ m (una bicicletta + una persona).

Dovranno essere specificate nella progettazione delle ipotesi di vita tecnica media per i vari componenti dell'apparato, ai sensi della normativa applicabile e dei requisiti richiesti dalla Stazione Appaltante in termini di gestione manutentiva.

Saranno richiesti nell'ambito della documentazione di progetto gli elementi necessari per una corretta valutazione dei livelli di affidabilità (MTBF), inoltre dovrà essere prevista l'emissione delle specifiche dei singoli componenti dell'impianto, delle liste dei controlli relativi alle operazioni di ispezione e del programma di manutenzione in funzione delle ore di funzionamento.

Dovranno essere prodotti schemi altimetrici e abachi in relazione alla singola stazione e alle corrispondenti tipologie adottate.

21.13 Impianti idrici antincendio di stazione

La protezione attiva viene realizzata mediante la distribuzione delle linee idranti, sprinkler e diluvio di stazione alimentati da un sistema di pompaggio specifico per tipologia primaria (idranti, sprinkler-diluvio), entrambi connessi ad una alimentazione idrica di tipo singolo superiore come da UNI EN 12845 (o diversa normativa NFPA a seguito della verifica con il Comando provinciale dei VVF), mediante la disposizione di una vasca di accumulo dimensionata al fine di corrispondere a tutti gli scenari di emergenza ipotizzati. La tipologia e disposizione degli idranti DN 45 è determinata dal D.M. 21/10/2015 (Capo VI.1) con grado di pericolosità 3 ai sensi della UNI 10779, inoltre all'ingresso di ogni stazione deve essere previsto un idrante soprasuolo con minimo diametro DN 100 (conforme UNI 14384), connesso alla rete idrica comunale della capacità di erogazione minima pari a 500 L/min.

Per gli impianti di spegnimento automatico di tipo sprinkler relativi alla centrale idrica antincendio e alle scale mobili (Capo IV.7), viene seguita l'applicazione della EN12845 (Capo VI.2), mentre nell'ambito della galleria di stazione, a mitigazione degli effetti dell'incendio sul materiale rotabile, e sulla banchina, la tipologia è a diluvio secondo la NFPA 13 con azionamento controllato su diverse sezioni (Capo VI.4).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

In riferimento al contesto nell'ambito delle analoghe tipologie di metropolitane, provviste di galleria di separazione con porte di banchina, si potrà prendere in considerazione l'utilizzo (in alternativa) anche di testine poste a protezione del vano sotto-cassa del convoglio, elemento che tipologicamente racchiude il maggior carico di incendio nel caso in cui il materiale rotabile richieda questo tipo di protezione (da concordare con la Stazione Appaltante), in via subordinata il sistema sarà previsto nella parte alta del tunnel di banchina.

Tutti i singoli scenari di attivazione del sistema idrico antincendio di stazione dovranno essere verificati, a titolo di esempio per una stazione tipologica:

- Caso incendio in atrio
- Caso incendio in mezzanino (ove presente)
- Caso incendio in banchina
- Caso incendio treno in banchina
- Caso incendio scale mobili

21.13.1 Impianti water mist

Per quanto concerne le aree tecniche con particolare riferimento alle aree dedicate agli apparati di sistema (correnti forti e segnalamento), si dovrà prevedere un impianto di tipo Water Mist con un sistema di pompaggio dedicato ed alimentazione idrica principalmente da acquedotto con possibile connessione in riserva da vasca di accumulo (eventualmente da dotare di idoneo sistema di pompaggio). In via subordinata potranno essere verificati sistemi antincendio alternativi, ma sempre di concerto con il locale Comando Provinciale dei VVF.

Composizione relativa ad una stazione tipologica:

- Piano Atrio
 - Locale UPS 1 e 2
 - Locale Quadri/Scada
 - Locale QNB;
- Piano mezzanino
 - Centrale Water Mist
 - Cabina MT/BT 1 e 2
 - Locale QGBT
 - Locale SSE
 - Locale Segnalamento/Telecomunicazioni/Telecomando
 - Locale UPS 1 e 2
- Piano banchina
 - Locale Quadri/Porte di Banchina via 1 e via 2
 - Locale Sezionatore/Cortocircuitatore via 1 e via 2

22. IMPIANTI NON DI SISTEMA DI GALLERIA, POZZI E MANUFATTI

Si presenta di seguito una descrizione degli impianti presenti nelle varie tipologie di opere come: pozzi di ventilazione, manufatti e galleria, tali caratteristiche sono ritenute a titolo informativo per la valutazione del contesto tecnico generale dell'opera. Si specifica che, in ogni caso, per singola tipologia le caratteristiche saranno quelle descritte nei documenti relativi alla precedente fase di progettazione (ove presente) o comunque conformi a quanto richiesto dalla Stazione Appaltante nell'ambito delle informazioni da considerare alla base dell'attività di progettazione.

22.1 Impianti di aggettamento di galleria

L'impianto di aggettamento delle acque di pozzo e galleria è costituito da una vasca di accumulo posizionata nel punto più basso del tracciato in corrispondenza della base del pozzo di ventilazione.

Il sistema dovrà essere dimensionato secondo un grado di ridondanza idoneo ad assicurare l'operatività del pozzo in caso di massimo carico ed indisponibilità parziale dell'impianto sulla base delle indicazioni tecniche e fattori di sicurezza che saranno concordati con il progettista delle opere idrauliche.

La vasca è corredata di molteplici pompe di rilancio verso la rete fognaria cittadina mediante interposizione di camera sifonata. Le pompe avranno la caratteristica di resistenza corrispondente alla tipologia delle acque collezionate ed ai residui in esse contenute; pertanto, avranno la caratteristica di trituratrice (per i punti bassi della vasca) e di rilancio. Il sistema è dimensionato secondo un grado di ridondanza idoneo ad assicurare l'operatività del pozzo in caso di massimo carico ed indisponibilità parziale dell'impianto.

22.2 Impianto di ventilazione di emergenza di galleria

La ventilazione di emergenza di galleria (estrazione fumi) è progettata sui criteri basilari espressi dal D.M. 21/10/2015 o, in via subordinata D.M. 11/01/1988 (solo ove richiesto). La tipologia funzionale selezionata è del tipo push-pull al fine di garantire il contrasto ai fenomeni di espansione dei fumi con velocità dell'aria non inferiore a 1,5 m/s (Capo V.1) e contestualmente assicurare l'evacuazione dei passeggeri dal convoglio in direzione opposta e verso la stazione più vicina.

Il dimensionamento deve avvenire in funzione del carico di incendio nei vari scenari di riferimento (Capo I.1) e del rispetto dei parametri di stato critico per la sicurezza e condizioni sostenibili per la vita umana (Capo I.2). Le analisi alla base del progetto saranno costituite dai risultati della modellazione monodimensionale SES (Subway and Environmental Simulation) o della modellazione fluidodinamica 3D (Capo V.1) per i casi speciali come i manufatti complessi.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Parimenti dovranno essere considerate le eventuali separazioni necessarie all'interno del contesto del pozzo al fine da compartimentare le aree appartenenti agli accessi di emergenza come filtri a prova di fumo (Capo V.2). I dispositivi di ventilazione dovranno avere una classe non inferiore a F400/90 min (Capo V.4), o differente solo se esplicitamente richiesto dalla Stazione Appaltante, e dovranno essere gestibili in remoto dal Centro di Controllo della linea.

Per quanto concerne il criterio di applicazione nel contesto di pozzo, le camere di ventilazione dovranno essere collegate al vano esterno dimensionato in modo idoneo ai flussi massimi previsti in emergenza. I componenti minimi da prevedere saranno:

- Silenziatori (aperti o boxed canalizzati);
- ventilatori assiali reversibili;
- giunti e componenti di connessione;
- serrande di separazione classificate.

Lo scopo primario sul quale si effettuerà il dimensionamento della ventilazione sarà quello di emergenza al fine di assicurare il raggiungimento della velocità critica (Capo V.1), ma la stessa ventilazione sarà utilizzata in condizione normale per il rinnovo dell'aria in galleria ed il mantenimento delle temperature nelle varie condizioni di funzionamento della linea. Le portate, il calcolo della velocità critica per ogni tipologia di intertratta di galleria e la strategia di attivazione dei vari settori dell'impianto di ventilazione di emergenza sono basate sulle analisi fluidodinamiche - SES realizzate per i singoli scenari ai sensi del D.M. 21/10/2015 (Capo V.1) da confermare e completare con analisi di dettaglio CFD nella successiva fase di progettazione definitiva.

Gli scenari di base che saranno ipotizzati seguiranno la numerazione di base presente nel (D.M. 21/10/2015 – Capo I):

- Scenario 1: incendio a bordo treno in stazione
- Scenario 2: incendio a bordo treno fermo in galleria

22.3 Impianti idrici antincendio di galleria

La protezione attiva viene realizzata mediante la distribuzione delle linee idranti di galleria alimentate dal sistema di pompaggio idranti collocato in stazione e connesso alla vasca di accumulo già dimensionata per consentirne l'utilizzo in tutti gli scenari di emergenza di galleria ipotizzati. La tipologia e disposizione degli idranti DN 45 è determinata dal D.M. 21/10/2015 (Capo VI.1) con grado di pericolosità 3 ai sensi della UNI 10779, con disposizione delle valvole ogni 50 m a quinconce tra via 1 e via 2. In corrispondenza dello sbarco dei pozzi o degli accessi di emergenza è disposta almeno una valvola per lato. La tubazione antincendio deve essere protetta con isolamento termico (ed eventualmente con cavo scaldante) anche dal rischio della formazione di ghiaccio dovuto all'ingresso diretto di aria esterna in corrispondenza dei pozzi ed in corrispondenza delle uscite in direzione dei depositi. Saranno inoltre da predisporre giunti di separazione dielettrica e compensatori di dilatazione termica.

Tutti i singoli scenari di attivazione del sistema idrico antincendio di galleria dovranno essere verificati, ovvero saranno simulate le singole possibili attivazioni in relazione al numero di idranti e alla posizione, quindi distanza, dalla stazione.

La rete di drenaggio relativa al recepimento delle acque di drenaggio meteoriche o di lavaggio in provenienza dalla galleria, dai vani di ventilazione dei pozzi e dei manufatti, dal vano ascensore esterno etc. saranno indirizzate nella vasca di aggettamento di pozzo.

22.4 Impianti elettrici di pozzo e galleria

Come già evidenziato nel caso relativo alle stazioni, l'alimentazione è considerata all'interno del contesto primario di distribuzione elettrica, per quanto concerne i pozzi di ventilazione (non per tutte le tipologie, in via subordinata l'alimentazione in BT proviene dal QGBT di stazione) essi saranno dotati di una propria cabina elettrica di trasformazione connessa alla rete di media tensione. Da questi sono alimentati i quadri primari di pozzo da cui sono poi diramate ulteriori diramazioni secondarie a servizio di utenze puntuali, distribuite e concentrate come:

- quadri ventilatori di pozzo;
- quadro locali tecnici di pozzo;
- quadro aggettamento di pozzo.

Inoltre, per quanto riguarda i servizi di emergenza (carico di sicurezza alimentato entro 120 s ai sensi del D.M. 21/10/2015 – Capo VII.2) saranno considerati i seguenti impianti:

- impianto di controllo fumi;
- ascensori di emergenza (eventuali);
- impianti di estinzione incendi (eventuali).

22.4.1 Distribuzione primaria Pozzo e Galleria

La distribuzione principale comprende tutte le linee che dal Quadro Generale di Bassa Tensione di Pozzo (ove presente) alimentano i quadri delle utenze primarie elencate al par. 5.1 ed i quadri secondari predisposti per le utenze distribuite. In via subordinata le alimentazioni saranno derivate dal QGBT della stazione di corrispondenza.

Le condutture in media, bassa tensione e di segnale nelle gallerie, nei pozzi e in tutti gli altri ambienti dovranno essere progettate in conformità 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 perché classificati ad alto rischio di incendio.

Dovranno essere considerate le prescrizioni di cui al Capo VII.5 del D.M. 21/10/2015 (cavi, vie cavi, supporti, derivazioni e compartimentazioni).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Per impedire la propagazione del fuoco, le suddette linee dovranno essere realizzate in cavi a bassa emissione di fumi e gas corrosivi (LSZH - Low Smoke Zero Halogen) ai sensi del Capo VII.5 ed in accordo con le vigenti norme di prodotto.

In particolare, è da tenere in considerazione la EN 50575, nell'elenco delle norme armonizzate per il Regolamento CPR 305/2011, anche i cavi elettrici dovranno essere marcati CE.

In conformità a quanto disposto al Capo VII.5, per le utenze no-break (con continuità di alimentazione) dovranno essere impiegati cavi resistenti al fuoco con requisito P o PH non inferiore a 60, se non è possibile per essi prevedere un percorso protetto almeno REI 60 e di eventuali accessori di installazione (es. cassette e sistemi di derivazione, etc.) che non pregiudichino la continuità di funzionamento dei cavi resistenti al fuoco. Riguardo ai cavi resistenti al fuoco, essendo annoverati dal Regolamento CPR, è prescritto l'utilizzo di cavi resistenti al fuoco 120 min del tipo FTG18(O)M16 [norma CEI 20-45, CEI EN 50200, CEI EN 50362].

A tal proposito i cavi per i servizi di sicurezza e per i servizi di emergenza (come sopra definiti), se distribuiti in canaline non protette REI, dovranno essere posati in sistemi certificati secondo la DIN 4102 rispetto la resistenza al fuoco (mantenimento funzionale fino a 90 minuti fino ad una temperatura di 1000°C).

Inoltre anche le utenze considerate "Privilegiate" dovranno essere alimentate mediante cavi con caratteristiche analoghe alle utenze "No-Break". A titolo di esemplificativo ma non esaustivo dovranno essere alimentate mediante cavi resistenti al fuoco:

- Ventilatori estrazione fumi di Pozzo;
- Quadro Aggottamento;
- Serrande ventilatori;
- Ascensori di emergenza (eventuali);
- Impianti di estinzione incendi (eventuali).

Più in generale tutti le dorsali a partire dal Quadro Generale di Bassa Tensione (QGBT) verso i quadri principali di ciascun livello di Pozzo verranno in via precauzionale alimentati per mezzo di cavi con caratteristiche analoghe alle utenze "No-Break" (ad esempio Quadro illuminazione e Forza Motrice, Quadro Aggottamento di Pozzo, etc.).

Dovrà essere anche verificata la protezione contro le tensioni di contatto indiretto e diretto (si ricorda che per distribuzione tipo TN-S essa può essere affidata anche alla protezione magnetica degli interruttori). Ai sensi della norma CEI 64-8 paragrafo 751.04.2.7 si dovranno utilizzare dispositivo a corrente differenziale avente corrente nominale d'intervento non superiore a 300 mA anche ad intervento ritardato. Inoltre, quando non sia possibile, per esempio per necessità di continuità di servizio, proteggere i circuiti di distribuzione con dispositivo a corrente differenziale avente corrente differenziale non superiore a 300 mA, anche ad intervento ritardato, si potrà ricorrere, in alternativa, all'uso di un dispositivo differenziale con corrente differenziale non superiore a 1 A ad intervento ritardato. Sono escluse dalle prescrizioni di cui sopra le condutture facenti parte di circuiti di sicurezza.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Dovranno essere, infine, predisposte sigillature antincendio per tutte le aperture di passaggio cavi relative a pareti o solai compartimentati: i setti tagliafiamma, nelle modalità di posa previste, dovranno essere provvisti di certificazione di tenuta REI per la classe stabilita, rilasciata dal Ministero dell'Interno o da altro Istituto o Laboratorio nazionale o estero riconosciuto.

Si specifica che le reti di alimentazione e segnale relative ai sistemi di sicurezza dovranno seguire quanto previsto al Capo VII.5 del D.M. 21/10/2015 (e ai decreti in esso richiamati), in modo particolare ci si riferisce alla verifica relativa alla continuità di esercizio (vie cavi, cavi, supporti, derivazioni, compartimentazioni).

22.4.2 Elenco carichi elettrici

Per ogni pozzo dovrà essere prevista la redazione dei relativi elenchi carichi elettrici di dettaglio per i casi di esercizio normale e di emergenza secondo uno schema di verifica da concordare con la Stazione Appaltante.

22.5 Impianti di terra di pozzo e di galleria

Il dispersore di pozzo sarà realizzato nell'ambito delle Opere Civili con una maglia in tondini di acciaio zincato, saldati tra loro, immersa nel terreno sotto il piano di fondazione.

In galleria, collegati al dispersore di terra di pozzo, sono previsti due collettori di terra longitudinali, uno per via, ai quali collegare, tramite i conduttori PE, le masse e masse estranee di galleria.

Le terre di galleria, in condizioni nominali, dovranno essere continue rispetto alla terra di pozzo e isolate rispetto alla terra di stazione.

22.5.1 Pozzi provvisti di cabine di trasformazione

La messa a terra, in presenza di cabina di trasformazione, è identica a quella di stazione.

Gli impianti in galleria sono alimentati dai quadri dei pozzi; la distribuzione è del tipo TN-S.

22.5.2 Pozzi non provvisti di cabine di trasformazione

Gli impianti di galleria sono alimentati dai quadri di stazione; la distribuzione è del tipo TT.

Come previsto dalle norme per gli impianti TT, la protezione contro i contatti indiretti sarà affidata ad interruttori differenziali.

22.5.3 Protezione contro le correnti vaganti (non legate al sistema di trazione)

Tralasciando l'eventuale presenza di correnti vaganti legate al sistema di trazione, è necessario prevedere la protezione da eventuali correnti vaganti legate a sistemi di trazione esterni (linee tranviarie, ecc.).

Per impedire che correnti vaganti provenienti da altri sistemi adiacenti possano fluire lungo le strutture di galleria, causando così una connessione indesiderata tra aree differenti e molto

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

distanti della città, le strutture di galleria in cemento armato saranno suddivise in sezioni longitudinali per mezzo di giunti isolanti; in particolare per ogni stazione sono previsti due giunti isolanti immediatamente a monte e a valle della stessa, ed il tronco di galleria tra due stazioni è isolato rispetto alle stesse.

Inoltre, le armature in acciaio delle gallerie in cemento armato ed i componenti della galleria in materiali ferrosi non devono avere nessuna connessione conduttrice a tubi e cavi localizzati esternamente alla galleria o al circuito di ritorno o a qualsiasi sistema adiacente che non sia isolato da terra.

Viceversa, saranno effettuate connessioni delle armature di galleria ai propri terminali di terra in maniera da soddisfare i requisiti di messa a terra per provvedimenti protettivi, per cui i conci di galleria, e le masse estranee presenti saranno tutti interconnessi tra loro ed al proprio dispersore di terra per mezzo di un conduttore longitudinale.

Per tutte le opere di tipo civile od impiantistico, sia di sistema che non, che si estendono longitudinalmente lungo la galleria dovranno essere previsti opportuni sezionamenti elettrici in corrispondenza dei giunti isolanti, in modo da interrompere la continuità delle suddette opere.

Particolare attenzione dovrà essere posta però alle tubazioni dell'impianto idrico antincendio, anche esse dovranno essere realizzate con tubazioni appositamente realizzate secondo quanto di seguito riportato e tenendo conto che anche l'acqua contenuta nelle stesse by-passa le interruzioni elettriche predisposte come sopra detto.

Le tubazioni dell'impianto idrico antincendio in galleria alimentano prese UNI 45, alle quali vanno collegate manichette con lancia per un'eventuale azione di spegnimento.

Poiché dal punto di vista della sicurezza è necessario che queste tubazioni siano sempre piene di acqua, sarà necessario adottare i seguenti provvedimenti per impedire la circolazione delle correnti vaganti lungo le tubazioni idriche suddette in galleria:

- 1) le prese UNI 45 in un generico tronco di galleria compreso tra due stazioni successive dovranno essere divise in due gruppi, ciascuno derivato da una tubazione messa in pressione dalle pompe di pressurizzazione di una delle due stazioni; le due tubazioni saranno del tutto sconnesse tra di loro nel punto di mezzo del tronco di galleria, generalmente il pozzo di ventilazione (questo provvedimento impedisce, intuitivamente, che l'acqua sia veicolo di trasmissione di una corrente vagante tra una stazione e la successiva)
- 2) il montaggio in opera delle tubazioni idriche dovrà essere realizzato mediante collari gommati e/o profili isolanti (questo provvedimento isola completamente la tubazione, ed impedisce che una corrente vagante utilizzi parzialmente l'acqua come veicolo di trasmissione, attraversi la tubazione metallica ed i supporti, e prosegua fino alla stazione successiva ed oltre)
- 3) le tubazioni idriche antincendio di galleria saranno collegate con le reti idriche di stazione con l'interposizione di giunti isolanti, che impediscono ulteriormente la circolazione di correnti vaganti lungo le stesse tubazioni metalliche in galleria

In conclusione, l'utilizzo degli artifici di progettazione e montaggio sopra indicati contribuiranno tutti ad impedire la circolazione delle correnti vaganti in una tubazione piena d'acqua: la suddetta tubazione si presenterà, dal punto di vista elettrico, come un ramo aperto e pertanto non percorribile da alcuna corrente.

22.6 Impianti di illuminazione di galleria

Come richiesto dal D.M. 21/10/2015 (Capo VII.7), salvo diverso requisito, tutte le sedi sotterranee e confinate dovranno essere dotate di impianto di illuminazione di sicurezza aggiuntivo e separato rispetto all'illuminazione ordinaria. Tutti gli apparati saranno del tipo LED.

Tale impianto di sicurezza deve assicurare i seguenti livelli di illuminamento minimi, misurati secondo le modalità previste nelle norme tecniche vigenti:

- banchine di emergenza galleria: 10 lux;
- uscite di sicurezza e percorsi di esodo in galleria: 10 lux;
- ambienti accessibili esclusivamente al personale tecnico: 2 lux.

La perdita dell'alimentazione ordinaria in una tratta deve attivare automaticamente l'illuminazione di sicurezza (se non già normalmente attiva).

Laddove non in contrasto con il presente decreto, si applicano gli ulteriori requisiti della norma UNI UNIFER 8097.

Inoltre, nelle sedi sotterranee deve essere installato un sistema di indicazione dinamica della direzione, progettato, realizzato e gestito dal sistema di controllo al fine di guidare in emergenza i passeggeri nella direzione di fuga, in abbinamento alle indicazioni e messaggi sonori previsti dal relativo sistema dedicato.

In corrispondenza delle banchine di galleria l'illuminazione deve essere quindi realizzata con apparecchi illuminanti alimentati da due tipi di circuiti:

un primo circuito, normalmente spento, sarà attivato a treni fermi per garantire un buon illuminamento (circa 100 lux) che faciliti l'eventuale evacuazione forzata dal treno, oppure attività lavorative di manutenzione;

un secondo circuito, normalmente acceso (anche con treni in movimento), dovrà garantire il livello minimo di illuminamento previsto dal D.M. 21/10/2015 (10 lux misurati come previsto da norma) per almeno 2 ore.

I rendering relativi ai calcoli di illuminamento dovranno essere valutati congiuntamente alla Stazione Appaltante al fine di verificare possibili contesti di approfondimento o ottimizzazione.

22.7 Impianti rivelazione incendi di galleria e pozzo

Si fa seguito a quanto previsto in relazione all'impianto rivelazione incendi di stazione per le caratteristiche primarie dell'impianto. Per quanto concerne i pozzi di intertratta la progettazione sarà sviluppata sulle analoghe linee previste dal D.M. 21/10/2015 con particolare riferimento ai controlli delle seguenti aree di pozzo:

- cabina di media tensione (ove presente);
- locale tecnico elettrico di bassa tensione;
- locale tecnico di ventilazione;
- corridoi tecnici e passaggi cavi, cavedi;
- vani di ventilazione.

Tutte le segnalazioni dovranno essere indirizzate 24 ore su 24, presso la centrale di supervisione di stazione corrispondente alla centrale di controllo ubicata presso il Posto Centrale di Controllo da dove sarà possibile l'agevole individuazione delle aree interessate dal principio d'incendio e avviare le procedure di emergenza.

Nel pozzo dovranno essere posizionati i pulsanti manuali e i pannelli ottico-acustici, per segnalare l'emergenza incendio. Gli allarmi provenienti dai pulsanti, come richiesto dal D.M. 21/10/2015 (Capo VI.3) dovranno essere tempestivamente verificati da personale addetto prima dell'avvio del segnale di allarme generalizzato; la verifica può essere condotta anche mediante sistemi di video sorveglianza.

Per quanto concerne il contesto di galleria ed in generale delle sedi sotterranee, è prevista l'applicazione di un sistema di rilevamento in fibra ottica in grado di fornire al centro di controllo la localizzazione dell'incendio, il segnale consentirà l'attivazione delle idonee strategie di ventilazione, di sfollamento e di intervento dei soccorsi. Tale sistema dovrà essere completato nelle successive fasi di progettazione, sulla base dei requisiti del sistema rotabile e sulla base delle procedure attivabili nel contesto di emergenza di galleria ai sensi del Capo I.1:

incendio a bordo treno in stazione;
incendio a bordo treno fermo in galleria.

Si specifica che le reti di alimentazione e segnale relative i sistemi di sicurezza dovranno seguire quanto previsto al Capo VII.5 del D.M. 21/10/2015 (e ai decreti in esso richiamati), in modo particolare ci si riferisce alla verifica relativa alla continuità di esercizio (vie cavi, cavi, supporti, derivazioni, compartimentazioni).

Gli elaborati progettuali dovranno contenere (nelle scale richieste per la progettazione esecutiva):

- a) Schemi generali per singola disciplina (per stazione, pozzo, manufatto, galleria)
- b) Schemi generali impianti di ventilazione di emergenza per singolo scenario e per singola parte d'opera
- c) Schemi unifilari elettrici e fronte quadro (per singolo quadro elettrico o di supervisione)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- d) Planimetrie per ogni livello di stazione per singola disciplina (scala 1:100)
- e) Planimetrie per ogni pozzo o manufatto per singola disciplina (scala 1:100)
- f) Sezioni e dettagli per ogni singola disciplina per stazione, pozzo, manufatto (scala 1:100-1:50)
- g) Elaborati grafici d'assieme per la galleria di linea relativamente alle singole discipline (attrezzaggio tipo)
- h) Sezioni tipiche di galleria per singola tipologia con relativo allestimento impiantistico
- i) Relazioni tecniche generali impianti MEP per singola tipologia d'opera
- j) Relazione tecnica generale sulla ventilazione antincendio
- k) Relazioni tecniche specialistiche per singola disciplina
- l) Relazione di calcolo per singola disciplina, sub-disciplina e parte d'opera
- m) Relazioni tecniche autorizzative enti preposti
- n) Documentazione generale di progetto (quota parte per disciplina)
- o) Computi metrici estimativi
- p) Presentazioni e predisposizione materiale tecnico divulgativo

Gli elaborati citati dovranno essere predisposti per le revisioni ed emissioni previste nel presente documento e nel Capitolato Informativo.

I servizi di supporto al Progetto Definitivo saranno sviluppati in linea con quanto previsto dalla vigente Normativa e per quanto attiene la progettazione impiantistica nell'osservanza del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

Di seguito si riportano le indicazioni di alcune parti d'opera che caratterizzano le tipologie di strutture per le quali è richiesta l'attività di progettazione impiantistica non di sistema (MEP).

23. GEOTERMIA

23.1 Individuazione dei ricettori per lo sfruttamento del calore estratto

Nell'ambito della progettazione definitiva sono stati individuati ed analizzati in dettaglio tutti i ricettori per cui è possibile utilizzare il calore proveniente dall'attivazione termica delle strutture (gallerie di linea e stazioni) facenti parte della ML2.

Sono stati così individuati due differenti scenari di utilizzo dell'energia prodotta, tra loro complementari e potenzialmente integrabili ovvero:

- Utilizzo per la climatizzazione delle stazioni di linea e per il Deposito-officina Rebaudengo;
- Utilizzo verso singoli ricettori "esterni" alla ML2 quali edifici pubblici, ospedali, edifici sede di Università, ex-complessi industriali da riconvertire, centri commerciali, (ricettori primari) nonché ulteriori edifici pubblici come le scuole e tutti gli edifici residenziali privati (altri ricettori);

Sulla base delle scelte progettuali specifiche adottate, è stata data la priorità nell'utilizzo del calore scambiato per la climatizzazione invernale ed estiva delle medesime stazioni di linea. L'analisi relativa ai fabbisogni di queste ultime ha evidenziato, ad eccezione del Deposito-officina Rebaudengo, un completo soddisfacimento di questi fabbisogni energetici sia in inverno sia in estate che determinano la presenza di surplus termici di buona consistenza.

Per un utilizzo efficiente di questi surplus termici tra tutti i ricettori "esterni", in ordine di priorità sono stati presi in considerazione sia gli edifici attualmente utilizzati e di particolare interesse e funzione sociale e sia edifici parzialmente o completamente in disuso che potranno essere oggetto nel futuro prossimo di una trasformazione rispetto alla loro destinazione d'uso originale.

Secondariamente, sono stati considerati tutti gli edifici di tipo residenziale, commerciale, industriale e "strategici" presenti nell'intorno delle stazioni di collegamento impianti ove l'analisi precedente non aveva evidenziato la presenza di ricettori primari (stazioni di Pastrengo, Verona, Bologna, Corelli e Giulio Cesare). Anche in questo caso si è data priorità agli edifici "strategici" pubblici e/o di particolare interesse per la comunità ed in particolare alle scuole.

I risultati del bilancio tra surplus disponibile e fabbisogni termici ha evidenziato che gli impianti geotermici derivanti dall'attivazione delle strutture della Linea 2, oltre al completo soddisfacimento dei fabbisogni energetici delle stazioni di linea sono in grado di coprire in media tra circa il 5 ed il 20% dei fabbisogni termici dei ricettori primari.

Riguardo agli ulteriori ricettori, ovvero gli edifici ad uso abitativo e gli istituti scolastici selezionati nell'intorno delle stazioni Giulio Cesare, Corelli, Bologna, Verona e Pastrengo, l'analisi condotta ha evidenziato una condizione di copertura dei fabbisogni maggiormente favorevole. In questi casi i surplus energetici sono in grado di soddisfare nella maggior parte dei casi una percentuale superiore al 60% dei fabbisogni complessivi invernali ed al 70% dei fabbisogni estivi con un soddisfacimento pressoché totale per buona parte degli edifici ad uso abitativo selezionati. In

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

questo senso i risultati dell'analisi svolta, seppur basata su stime e quindi da ritenersi non del tutto esaustiva, evidenziano una concreta possibilità di utilizzo del calore a bassa temperatura derivante dall'attivazione termica delle strutture della Linea 2 anche per il supporto alla climatizzazione di edifici posti nelle vicinanze delle stazioni.

Per la successiva fase di progettazione esecutiva, si dovrà procedere all'individuazione dei ricettori da soddisfare, rispetto a quelli possibili individuati nella fase di progettazione definitiva.

Si procederà quindi alla determinazione del fabbisogno termico effettivo del singolo ricettore ed alla progettazione esecutiva della disposizione e della configurazione degli impianti al fine di garantire il soddisfacimento dei bisogni termici del ricettore/i individuati. In particolare, gli impianti afferenti potranno essere ridefiniti in funzione delle effettive o diverse esigenze riscontrate nella fase esecutiva della progettazione delle opere.

Definita la configurazione ottimale degli impianti sulla base delle esigenze riscontrate, occorrerà procedere al dimensionamento dei circuiti di andata, ritorno e ritorno inverso in funzione delle lunghezze e delle portate definite oltre che il dimensionamento di tutte le apparecchiature connesse secondo gli schemi di cui al progetto definitivo.

23.2 Scelte progettuali

Nel presente capitolo sono illustrati i criteri progettuali con i quali è stata definita la tipologia di geostruttura da realizzare ed attivare termicamente rispetto alle diverse opere strutturali presenti tipicamente sulla linea ovvero:

- Galleria di linea realizzata in TBM;
- Galleria di linea realizzata con modalità di scavo Cut & Cover;
- Stazioni realizzate con modalità di scavo Cut & Cover.

I tratti di galleria realizzati in TBM e in C&C sono ritenuti idonei all'attivazione termica con le modalità che saranno descritte nel seguito eccettuate le porzioni interferenti tipicamente con i pozzi di aerazione. In questi tratti l'intersezione tra la galleria scavata sia in TBM che in C&C con i pozzi prevede la realizzazione di cunicoli o finestre laterali che interrompono la continuità degli anelli prefabbricati in cls o dei diaframmi e non consentono quindi l'inserimento delle tubazioni di scambio termico all'interno delle strutture.

Per le stazioni, strutture che prevedono la realizzazione di specifici diaframmi caratterizzati da geometria e lunghezza molto varia, sono state valutate le condizioni di fattibilità dell'attivazione termica di ciascuna porzione di diaframma prendendo in considerazione i seguenti aspetti:

- Modalità esecutive del diaframma;
- Lunghezza complessiva del diaframma;
- Assenza di interruzioni nel diaframma realizzate per mettere in comunicazione il vano principale della stazione con vani laterali secondari (locali tecnici, pozzi per ascensori, scale di accesso, ecc.);

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- Assenza di vani e strutture esterne al vano principale della stazione che possono comportare una parziale o totale schermatura del diaframma.

Tutti gli impianti sono stati progettati in modo da convogliare il calore scambiato con il terreno verso le stazioni dove è prevista la realizzazione di specifici locali tecnici che ospiteranno le apparecchiature per lo scambio termico tra circuito primario ed il circuito di climatizzazione.

Per la successiva fase di progettazione esecutiva, si dovrà procedere alla definizione delle fasi necessarie per la realizzazione delle opere e per il completamento degli impianti idraulici di connessione dei conci e dei diaframmi energetici.

23.2.1 Galleria di linea realizzata in TBM

I conci modulari prefabbricati attivati termicamente prevedono i seguenti elementi principali:

- un elemento strutturale avente una direzione di sviluppo principale e comprendente un estradosso esterno
- una rete di tubi comprendente una pluralità di tratti lineari, una pluralità di raccordi curvilinei per collegare due tratti lineari consecutivi, una prima e una seconda estremità, con la caratteristica peculiare che i tratti lineari della rete di tubi sono diretti nella direzione di sviluppo principale dell'elemento strutturale.

Per le finalità di questo progetto si è ritenuto necessario il collegamento in serie di due anelli del rivestimento della galleria consecutivi per formare un unico circuito di scambio così come mostrato nella Figura 27.

I circuiti di scambio saranno poi collegati al locale HVAC della stazione di riferimento mediante tubazioni di mandata e di ritorno da posizionare all'interno della galleria di linea.

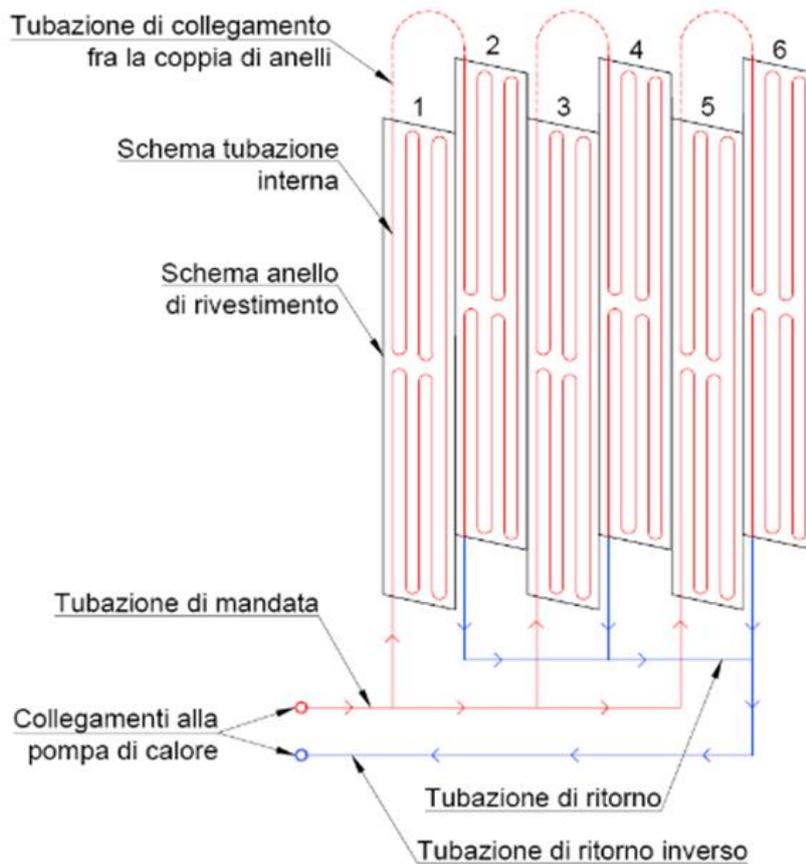


Figura 27. Schema di funzionamento dell'impianto per la galleria di linea realizzata in TBM ed attrezzata con conci energetici.

Per la successiva fase di progettazione esecutiva, si dovrà procedere alla progettazione di dettaglio dei conci energetici tenendo conto anche delle esigenze di carattere strutturale e geotecnico.

23.2.2 Galleria di linea realizzata in C&C

Per la galleria artificiale realizzata con C&C, la soluzione progettuale relativa all'attivazione termica delle opere strutturali consiste nell'inserire, in adiacenza alla gabbia di armatura dei diaframmi, tubi in pe-xa necessari per il trasporto del fluido termovettore responsabile dello scambio di calore.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Ai fini dell'ottimizzazione dello scambio termico è stato definito uno schema per il collegamento in serie di pannelli di diaframma dipendente dalla lunghezza complessiva del tratto attivabile come segue:

- per diaframmi di profondità inferiore a 14 m saranno collegati in serie 5 pannelli;
- per diaframmi di profondità compresa tra 14 e 28 m saranno collegati in serie 3 pannelli;
- per diaframmi di profondità compresa tra 28 e 42 m saranno collegati in serie 2 pannelli;
- per diaframmi di profondità superiore ai 42 m sarà attivato il singolo diaframma senza collegarlo in serie con pannelli adiacenti.

I circuiti di scambio saranno poi collegati con le tubazioni di mandata, di ritorno e di ritorno inverso che convoglieranno il fluido di scambio di tutti i circuiti alla pompa di calore di riferimento. Ogni diaframma presenterà quindi una tubazione interna con un collegamento a 3U (Figura 28).

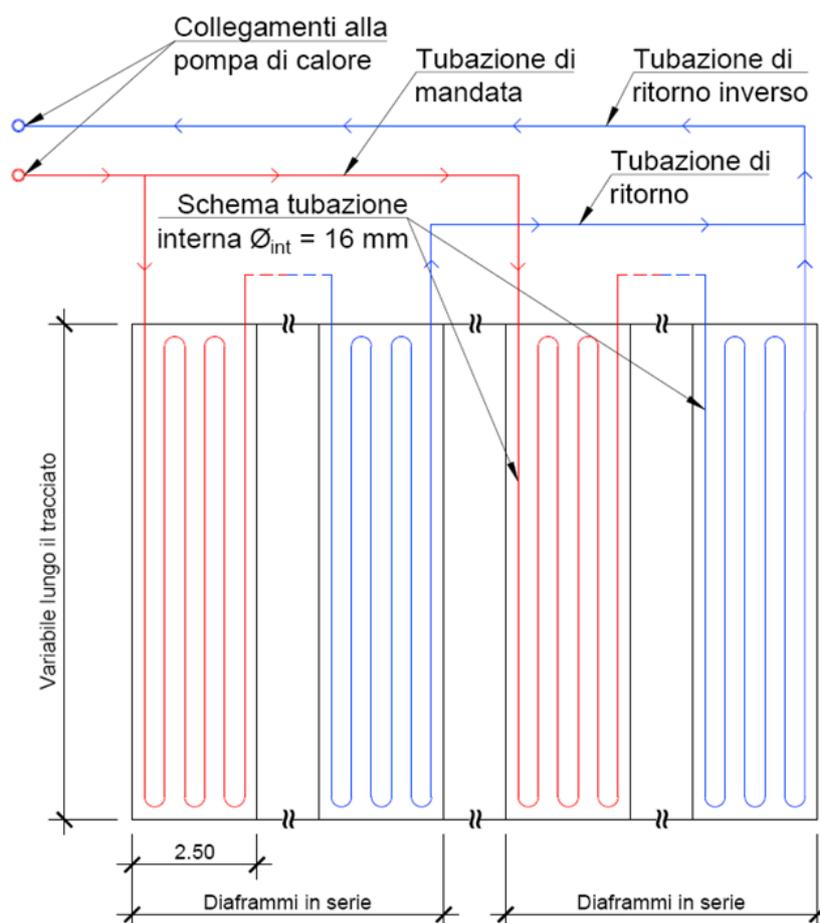


Figura 28. Schema del circuito idraulico e delle connessioni in serie di 2 pannelli relativi all'attivazione termica dei diaframmi con profondità compresa tra 25 e 42 m della galleria realizzata in C&C.

Per la successiva fase di progettazione esecutiva, si dovrà procedere alla progettazione di dettaglio dei diaframmi energetici e delle relative armature assicurando una stretta interazione con le opere di progetto al fine di definire i punti di interconnessione rispetto alla disposizione delle tubazioni di andata e ritorno previste nella progettazione esecutiva.

23.2.3 Stazioni

Il criterio adottato per il collegamento in serie dei diaframmi è lo stesso di quello adottato per la galleria in C&C di cui al paragrafo precedente. Sulla base dei dettagli costruttivi di stazione ed in particolare in relazione alla presenza dei manufatti di accesso, ventilazione e dei locali tecnici previsti in adiacenza al corpo principale della stazione vengono individuati i diaframmi che risulterà possibile attivare termicamente. A questo proposito, come riferimento dimensionale, per i diaframmi si considera un pannello di larghezza pari a 2.8 m congruente con quanto indicato nelle tavole progettuali. La larghezza attivabile complessiva è quindi ottenuta considerando il numero intero di pannelli di larghezza pari a 2.8 m che è possibile includere in ciascun diaframma. Al tempo stesso lungo gli spigoli di ciascun diaframma è stato mantenuto un tratto non attivato (sterile) di lunghezza variabile in funzione della parte rimanente, comunque sempre inferiore a 2.8 m. Si sottolinea che queste lunghezze mantenute sterili rappresentano una porzione estremamente contenuta rispetto alla larghezza del diaframma e non si ritiene che possano influire in maniera negativa sul potenziale termico scambiabile con il terreno.

23.3 Aspetti idraulici

All'interno dei circuiti di scambio scorre un fluido termovettore composto da alcool e glicole. Per il dimensionamento impiantistico del sistema geotermico, riferito alle geostrutture energetiche attivabili lungo la linea precedentemente descritte, devono essere indicati il numero di circuiti esistenti, con le relative lunghezze, nonché i valori di portata in gioco. In fase di progettazione definitiva, sulla base dei dati sperimentali ottenuti in campo, si è adottata una velocità interna dei circuiti di scambio del fluido termovettore di circa 0,9 m/s ed una portata per ogni singolo circuito di 0,18 l/s. La tubazione di scambio risulta pertanto di diametro interno minimo pari a 16 mm. Le tubazioni di mandata e ritorno avranno una dimensione variabile rispetto alla posizione dei circuiti di scambio e dovranno essere dimensionati anche in funzione delle pompe che saranno necessarie per far circolare il fluido termovettore.

23.4 Suddivisione del tracciato in tratte omogenee

Per l'individuazione delle sezioni tipo da utilizzare nelle analisi numeriche, considerata l'eterogeneità plano-altimetrica del tracciato, dell'altezza del livello di falda e delle condizioni geologiche e geotecniche del sottosuolo della città di Torino, è stata utilizzata la metodologia basata su una parametrizzazione a classi implementata e sviluppata su sistemi GIS Open Source (Software QGIS). Tramite opportune operazioni di geoprocessing e map algebra diviene possibile confrontare a livello spaziale il tracciato della ML2 con la distribuzione e la variazione sia

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

planimetrica che in profondità di tre parametri idrodinamici della falda (livello, direzione e gradiente di flusso), un parametro termico (temperatura dell'acqua di falda) ed un ulteriore parametro che tiene in considerazione le caratteristiche idrogeologiche del terreno in un intorno significativo delle opere in progetto.

In sintesi, i parametri sono:

F – Posizione della superficie piezometrica rispetto alla galleria;

T - Temperatura dell'acqua di falda;

DF – Direzione del flusso principale della falda rispetto alla direzione della galleria;

I – Gradiente del flusso della falda;

Geo – Stratigrafia del terreno attorno alla galleria.

Unitamente ai parametri considerati sopra, sono state tenute in considerazione le informazioni riguardanti la metodologia di scavo della galleria e realizzazione dei differenti manufatti della linea (stazioni, depositi e pozzi di aerazione). In tale maniera è stato possibile analizzare separatamente le tratte della galleria che verranno realizzate tramite scavo con TBM da quelle che saranno invece realizzate con tecnica C&C.

Si specifica che nella fase di progettazione esecutiva è necessario procedere ad una verifica della corrispondenza delle condizioni geometriche e altimetriche delle opere e delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e termiche dei terreni e delle acque sotterranee attraversate dalla linea rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo.

23.5 Calcolo della potenza termica

La determinazione della capacità di scambio termico con il terreno delle opere strutturali è stata condotta mediante modellazione numerica ad elementi finiti. La realizzazione dei modelli numerici corrispondenti alle stazioni e alle sezioni caratterizzanti l'infrastruttura, sia in termini geometrici sia in termini di contesto idrogeologico e proprietà termiche, è stata effettuata con il codice di calcolo agli elementi finiti FEFLOW (Diersch, 2014), distribuito dalla DHI.

Il codice di calcolo permette lo studio di problemi di flusso e trasporto accoppiati con l'inclusione delle fisiche idraulica, termica e chimica integralmente accoppiate. Le analisi possono essere condotte sia su fenomeni stazionari sia su fenomeni transitori. Per le analisi in oggetto si sono impiegate le potenzialità di calcolo di fenomeni di trasporto e flusso in mezzi porosi multifase con accoppiamento termico ed idraulico completo in tre dimensioni e condizioni transitorie. I modelli adottati permettono quindi di considerare il flusso di falda e di integrare le componenti advettive e idro-dispersive del trasporto di calore sia all'interno di mezzo saturo, sia di mezzo insaturo o parzialmente saturo.

Il software si compone di un ambiente di modellazione e di calcolo con interfaccia grafica che integra anche i comandi di diversi algoritmi di genesi della mesh bidimensionale e di un ambiente

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

di interpretazione dei risultati numerici. Le stesse funzioni dell'ambiente grafico possono essere anche controllate con modalità da riga di comando. La suddivisione del dominio spaziale bi o tridimensionale può essere svincolata dagli algoritmi direttamente implementati nel software ed essere operata con altri algoritmi dedicati, inclusi algoritmi capaci di generare mesh non strutturate tridimensionali.

Il controllo della convergenza del risultato è operato sul soddisfacimento di una tolleranza sul rapporto tra l'errore medio assoluto riferito al carico idraulico e alla temperatura e il corrispondente valore massimo nelle condizioni iniziali ed al contorno. L'errore assoluto è mediato su tutti i nodi di calcolo inclusi nel dominio e la sua stima è basata sullo scarto quadratico medio. Tale criterio è inoltre adottato dal software per il calcolo automatico dei time step di calcolo.

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di ampia documentazione di supporto, dalla validazione mediante problemi con risoluzione analitica nota e di esperienze pregresse.

Le analisi tridimensionali condotte hanno tenuto conto delle temperature dell'aria interna e dell'influenza dei parametri indicati del paragrafo precedente per la definizione delle tratte omogenee ovvero:

- posizione relativa della superficie freatica rispetto alle parti strutturali oggetto di attivazione termica;
- temperatura pregressa del sottosuolo nel sito;
- angolo di incidenza del flusso di falda rispetto all'asse dell'infrastruttura;
- cadente piezometrica;
- stratigrafia termo-idro-geologica interessata dalle opere strutturali.

L'influenza della profondità delle strutture è stata tenuta in conto mediante opportuna schematizzazione in modelli superficiali (ove è studiata l'interazione termica con la superficie) distinti dalle tratte ove l'infrastruttura scorre più in profondità, al di sotto della superficie omotermica (ove non è distinguibile una fluttuazione stagionale della temperatura condizionata dall'interazione con la superficie).

Per la successiva fase di progettazione esecutiva, sulla base degli esiti di una verifica della corrispondenza delle condizioni geometriche e altimetriche delle opere e delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e termiche dei terreni attraversati dalla linea rispetto a quanto previsto nel progetto definitivo, si procederà alla validazione dei dati della potenza geotermica estraibile definita nel Progetto Definitivo ed, eventualmente, ad una nuova determinazione della stessa ove vi siano condizioni differenti.

23.6 Considerazioni progettuali

Il processo progettuale che conduce alla realizzazione di una geostruttura energetica esula da riferimenti normativi specifici e non può essere ricondotto in maniera semplificativa ad una serie di verifiche siano esse strutturali e/o geotecniche. L'attivazione termica delle strutture (conci e diaframmi) comporta almeno due aspetti tecnici di approfondimento da prendere in

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

considerazione durante le fasi progettuali: un'analisi di ottimizzazione energetica (progetto termico) e un progetto strutturale, nel quale si identificano gli effetti meccanici indotti dalle variazioni di temperatura sugli elementi strutturali in modo tale da garantirne l'integrità a lungo termine (Barla & Di Donna 2018). A tutti gli effetti, l'attivazione termica dell'elemento strutturale può essere considerata come una fase di carico aggiuntiva rispetto a quelle normalmente considerate in fase di progetto, ovvero il dimensionamento strutturale iniziale dell'opera dovrà valutare anche gli effetti dei carichi termici ciclici indotti dall'operatività della geostruttura energetica. Con riferimento più in generale alle geostrutture energetiche esistono raccomandazioni di alcune società europee che includono suggerimenti per la valutazione dello stato tensionale e/o deformativo aggiuntivo dovuto all'attivazione termica dei pali energetici. Non vi sono invece indicazioni specifiche per le gallerie. In questi casi, lo studio dell'interazione termomeccanica può essere affrontato adottando un modello numerico a cui sia associata una formulazione termomeccanica, che permetta l'esecuzione di analisi in cui l'aspetto meccanico e quello termico siano accoppiati.

In questa fase progettuale sono state riportate alcune considerazioni utili condotte per valutare gli effetti meccanici indotti dall'attivazione termica delle geostrutture della Linea 2 della metropolitana di Torino. In particolare, per il rivestimento dei conci prefabbricati in c.a. della galleria scavata con TBM si è fatto riferimento alle valutazioni numeriche già eseguite per la Linea 1 della Metropolitana di Torino, nell'ambito del sito sperimentale dove sono disponibili sia ipotesi progettuali di calcolo che dati reali del monitoraggio strutturale, mentre per le gallerie artificiali in C&C e per le stazioni, si è fatto invece riferimento a valutazioni numeriche già eseguite ed esistenti in letteratura. In tal caso però le condizioni di vincolo dei diaframmi previsti per la realizzazione delle gallerie in C&C e per le stazioni sono diverse tra loro, pertanto, anche gli effetti termo meccanici indotti dall'attivazione energetica dei diaframmi si esplicheranno in maniera differente ed è opportuno analizzare le due situazioni in maniera distinta.

Sulla base di quanto sopra descritto, per la successiva fase di progettazione esecutiva, si dovrà procedere con ulteriori approfondimenti nell'ambito dei dimensionamenti strutturali condotti, verificando ulteriormente che gli stress termici dovuti alla variazione di temperatura del liquido termovettore nei circuiti non comportino particolari problematiche agli elementi strutturali in quanto sono adeguatamente assorbiti dalle resistenze degli elementi strutturali.

24. PREVENZIONE INCENDI

Il progetto definitivo della tratta Rebaudengo – Politecnico ha ottenuto l'approvazione del Comando Provinciale VVF con la nota prot. 45727 del 21/11/2022, allegata al PAUR, subordinato alla seguente condizione:

All'atto della presentazione della S.C.I.A. deve essere prodotto il documento "Piano di Emergenza" circostanziato con un documento di sintesi "Schede" contenente i vari scenari di incendio, corredati da "Semplici" norme di comportamento "Interventistico" per la squadra di addetti all'antincendio.

In sostanza ogni scheda legata allo scenario, di cui alla documentazione tecnica trattato nella soluzione alternativa e per quanto non espressamente rappresentato nella strategia S.5, dovrà riportare:

- CHI: addetto antincendio;
- COSA DEVE FARE: anche tenuto conto dei previsti DPI;
- COSA NON DEVE FARE: nei casi di incendio in evoluzione

Nello sviluppo del progetto esecutivo, l'Appaltatore dovrà rispettare tutti gli standard prestazionali presenti nel progetto definitivo approvato dal Comando Provinciale VVF. Eventuali richieste di modifica/integrazione del progetto definitivo dovranno essere supportate da specifiche relazioni giustificative, atte a dimostrare che le nuove soluzioni proposte garantiscano almeno gli standard prestazionali attuali, da sottoporre all'approvazione del Committente, prima del loro sviluppo progettuale.

Inoltre, ogni modifica delle strutture o degli impianti che comporti una variazione delle preesistenti condizioni di sicurezza antincendio, con conseguente "aggravio dei rischi", obbliga il responsabile dell'attività (in questa fase, individuato nella Stazione Appaltante) a riavviare le procedure ex art. 3 DPR 151/2011 (Valutazione dei progetti). A tal fine, sarà onere dell'Appaltatore, con il supporto del Gruppo di Lavoro della progettazione esecutiva, redigere i relativi elaborati progettuali "di variante" rispetto a quelli approvati, nonché fornire alla Stazione Appaltante tutto il supporto necessario per la presentazione e l'iter di approvazione delle istanze di valutazione dei progetti e di eventuale deroga, ex art. 7 DPR 151/2011, da parte del Comando Provinciale VVF.

L'Appaltatore dovrà altresì fornire, con il supporto del Gruppo di Lavoro della progettazione esecutiva (ed in particolare del professionista antincendio), tutta l'assistenza necessaria alla redazione del Piano di Emergenza prescritto dal Comando Provinciale VVF nell'approvazione del progetto definitivo (comprensivo dei piani di coordinamento ed interfaccia con la Linea 1 della Metropolitana Automatica di Torino, per la stazione Porta Nuova, e con il Passante Ferroviario, per la stazione Rebaudengo), nonché di tutti gli altri documenti (es. Documento di Valutazione

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

dei Rischi) a carico del Datore di Lavoro del Gestore dell'infrastruttura, ad oggi non ancora individuato.

Nello sviluppo della progettazione esecutiva, l'Appaltatore dovrà altresì definire compiutamente il processo di dimostrazione della sicurezza, seguendo le linee guida ministeriali trasmesse all'OICE in data 24/05/2019, dal titolo "Proposta di approccio metodologico per la valutazione ed accettazione del rischio nelle metropolitane", allegate al presente documento.

Ai fini della dimostrazione della sicurezza, la linea metropolitana dovrà essere considerata un sistema chiuso. Tuttavia, dovranno essere valutati, ove ragionevolmente praticabile, i rischi indotti da fattori esterni che abbiano impatto sul sistema stesso. La dimostrazione di sicurezza dovrà pertanto dare evidenza che tutti i rischi siano opportunamente controllati e si baserà sulle seguenti fasi:

1. caratterizzazione del sistema;
2. analisi, valutazione del rischio e definizione dei requisiti di sicurezza per rendere il rischio accettabile;
3. dimostrazione del raggiungimento dei requisiti di sicurezza.

L'analisi di rischio dovrà essere di tipo quantitativo e valutare complessivamente gli effetti di tutti i sottosistemi architettonico-strutturale-tecnologico, umani, ambientali e normativo-procedurali sulle frequenze di accadimento degli eventi pericolosi e sulle conseguenze da essi derivanti.

25. ARMAMENTO

25.1 Introduzione

Il presente capitolo illustra gli aspetti progettuali e di interfaccia connessi con l'armamento, tenendo conto del fatto che, in continuità con le direttive impartite nell'ambito delle precedenti fasi di Progettazione, dove la decisione tecnica dell'Amministrazione è stata quella di lasciare aperta l'individuazione del Sistema per la Linea 2 della Metropolitana di Torino, anche nella fase di progettazione definitiva, l'infrastruttura è stata dimensionata tenendo in conto la necessità di un "involuppo" progettuale delle soluzioni tecnologiche e del materiale rotabile, basate sulle caratteristiche di un Sistema "ottimale", non proprietario, ma avente per ogni sotto funzione, il miglior compromesso tra specifiche e costi realizzativi, utilizzando le migliori tecnologie disponibili al momento della realizzazione dell'opera. Alcuni punti fermi sono mandatori, ossia che il Sistema sia di tipo "Driverless", ad automazione integrale e dotato dei più recenti sistemi di sicurezza.

Pertanto, relativamente all'armamento, l'approccio progettuale è rimasto del tipo prestazionale-funzionale, e quindi aperto a tutte le soluzioni tecnologiche offerte dal mercato. A tal fine, di seguito si illustrano le caratteristiche dei principali sistemi di armamento attualmente disponibili, con lo scopo di offrire una panoramica dei sistemi adottati o adottabili.

Nella successiva fase di progettazione, in funzione delle caratteristiche prestazionali indicate nel Progetto Definitivo, sarà necessario individuare il Sistema, il materiale rotabile, e, conseguentemente la tipologia di armamento.

Come illustrato nei capitoli precedenti, lungo il tracciato si riscontra la presenza di diversi fabbricati di varie epoche e tipologie edilizie, che vengono sotto attraversati dalla linea di progetto.

Si è cercato di minimizzare al massimo l'entità di tali sovrapposizioni allineandosi, per quanto e dove possibile, al di sotto delle sedi stradali, e cercando di mantenere sotto i fabbricati una ricopertura tra il piano di posa della fondazione e la volta della galleria di ca. 1,8/2 diametri, al fine di minimizzare gli effetti indotti dai cedimenti e dal disturbo dello scavo in superficie.

Per ridurre ulteriormente i disturbi durante l'esercizio della linea, si dovrà operare anche sulla scelta dell'armamento per limitare gli effetti dovuti alla circolazione dei treni stessi.

Le principali caratteristiche geometriche del tracciato di progetto sono riportate nel Capitolo 9.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le diverse tipologie di armamento prese in esame per lo sviluppo della progettazione definitiva.

Il materiale rotabile potrà essere o su gomma o su ferro e, tali soluzioni di armamento prese in esame soddisfano i seguenti requisiti fondamentali:

- stabilità geometrica del binario;
- facilità ed economicità di manutenzione;
- contenimento delle emissioni sonore e delle vibrazioni;
- elevato isolamento elettrico del binario.

25.2 Sistema su gomma

L'ottimizzazione delle opere civili e delle tecnologie costruttive, un ottimale inserimento nel contesto ambientale, il contenimento dei costi e dei tempi per la messa in esercizio della linea, gli elevati standard prestazionali e di confort del materiale rotabile, hanno fatto del sistema "su gomma" un'adeguata alternativa al più tradizionale sistema su ferro, così da essere adottato in un cospicuo numero di metropolitane di nuova realizzazione e di sistemi di "people-mover" ad automatismo integrale.

Ogni via di corsa, destinata ad una singola direzione di marcia, è costituita da due piste di rotolamento, da due rotaie di guida laterali, che servono anche per l'alimentazione elettrica e da linee di trasmissione terra-veicoli.

Le piste di rotolamento sono metalliche e costituite da profilati speciali fissati su base in calcestruzzo; le rotaie di guida sono formate da un profilato ad H montato su isolatori.

Nel caso dei deviatori, in corrispondenza del cambio di via, la guida laterale è sostituita da una guida centrale di tipo ferroviario, che agisce sui telai di guida di ciascun veicolo.

25.2.1 La via di corsa

Gli elementi che costituiscono la via di corsa compresi gli elementi di attrezzaggio della via sono:

- due piste di rotolamento in acciaio posate su piastre in ghisa nel caso di "via ancorata" (utilizzata nell'attraversamento delle stazioni), su traversine e blocchetti di calcestruzzo nel caso di "via montata su traverse" (utilizzata lungo le gallerie di linea);
- due barre di guida laterali che servono anche da alimentazione elettrica;
- i deviatori;
- le rotaie di guida centrali in corrispondenza delle stazioni;
- i passaggi cavi e le polifore;
- il calcestruzzo di "ammorsamento";
- il calcestruzzo di "ricarica";
- il sistema di drenaggio;
- le banchine laterali di emergenza.

25.2.2 Tipologie di sezione

25.2.2.1 Piattaforma a raso nel deposito-officina

La piattaforma a raso da adottare per i binari interni al deposito.

Il "calcestruzzo di via", su cui poggia l'intero armamento, è costituito da una pista longitudinale di cemento armato di 25 cm di spessore, che consente il fissaggio degli elementi costituenti la via (piste di rotolamento, piastre in ghisa, barre di guida laterali) per ancoraggio diretto. Le piste sono appoggiate su uno strato in calcestruzzo magro o di misto cementato.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

La sezione prevede inoltre l'alloggiamento tra le vie di corsa di canalette per la raccolta delle acque e di polifore porta cavi necessarie per l'alimentazione delle guide di "trazione".

25.2.2.2 Galleria artificiale a sezione rettangolare

Nel caso di galleria artificiale a sezione rettangolare, gli elementi costituenti la via sono collocati su un getto di calcestruzzo armato di spessore variabile.

Lateralmente la sede su cui circolano i treni è delimitata da due percorsi pedonali realizzati in calcestruzzo all'interno dei quali vengono annegate le polifore necessarie per l'alloggiamento della parte impiantistica.

La larghezza delle passerelle laterali sarà tale da garantire sempre un'area libera di 60 cm di larghezza e 200 cm di altezza, e il piano di circolazione dei pedoni sarà orizzontale e situato a circa 100 cm al di sopra del piano di rotolamento.

Il drenaggio delle acque di piattaforma avviene attraverso due canalette realizzate in opera che seguono longitudinalmente lo sviluppo del binario, che vengono interrotte ogni 20 m massimo da un pozzetto di drenaggio ed una tubazione di raccolta ($\varnothing = 160$ mm) che trasferisce l'acqua nel collettore centrale collocato in asse alla galleria ($\varnothing = 315$ mm) annegato nel calcestruzzo di ricarica.

In curva l'adeguamento del profilo della via alla eventuale sopraelevazione potrà richiedere un adeguato incremento nella quota del calcestruzzo di ricarica che normalmente ha un andamento orizzontale.

25.2.2.3 Galleria a sezione circolare o policentrica

La distribuzione della sezione circolare o policentrica è analoga a quella precedentemente descritta, con le traverse e i blocchetti per la posa della via collocati su un calcestruzzo di ricarica, all'interno del quale sono collocati anche i dispositivi di drenaggio.

Le opere di raccolta acque verso i punti di evacuazione sono costituite da:

- canaline di recupero delle acque lungo i piedritti delle opere;
- canaline trasversali che portano le acque verso il condotto centrale situato sull'asse della galleria superficiale scatolare, o verso il collettore centrale nella galleria circolare;
- opere di inserzione dei condotti o del collettore nelle vasche sotterranee di raccolta poste sotto le stazioni e sotto i pozzi di intertratta e dalle quali le acque vengono sollevate, per mezzo di pompe, e recapitate nel sistema fognario cittadino.

25.2.3 Piste di rotolamento

I convogli rotolano su due piste metalliche di 250 mm di larghezza, poste con interasse di 1620 mm.

Queste piste di rotolamento sono costituite da profili in acciaio, a forma di "I", le cui caratteristiche sono:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- larghezza 250 mm
- altezza 120 mm
- spessore anima 12 mm

Nei tratti in sotterraneo, i profilati che costituiscono le piste di rotolamento vengono uniti testa a testa con saldatura alluminotermica; nei tratti in cui i binari possano eventualmente essere all'aperto, non presenti nella tratta "Politecnico-Rebaudengo" al fine di assorbire i movimenti di dilatazione e minimizzare gli sforzi dovuti agli effetti termici, i profili saranno uniti per "steccatura".

Nella via "ancorata" gli appoggi delle piste di rotolamento sono realizzati mediante piastre in ghisa che vengono introdotte tra la superficie del calcestruzzo di via e le piste stesse, e consentono di sopraelevarle rispetto al calcestruzzo, mentre nella via su traversine, gli appoggi delle piste di rotolamento sono assicurati da traversine e blocchetti di calcestruzzo armato; le prime hanno lunghezza pari a 2700 mm, larghezza pari a 400 mm e altezza pari a 230 mm.

25.2.4 Guida laterale

La guida laterale del veicolo è realizzata mediante due profilati in acciaio disposti lateralmente alla via di corsa e fissati a supporti isolanti. Tali guide servono anche per l'alimentazione della linea.

Le barre di guida sono costituite da profilati metallici HEB 140 in acciaio, di dimensioni 140 x 140 mm, con spessore dell'anima pari a 7 mm e spessore delle ali pari a 12 mm.

In corrispondenza dei deviatori (e del passaggio a livello interno al deposito-officina), le barre di guida sono interrotte; in queste tratte la guida dei veicoli viene assicurata da una rotaia a gola centrale entro cui va ad inserirsi l'apposita rotella metallica del veicolo.

Le barre di guida sono supportate da isolatori del tipo detto "verticale" la cui descrizione è oggetto del paragrafo seguente.

Tali isolatori verticali sono dei pezzi termoplastici o termoindurente che assicurano l'isolamento elettrico in maniera permanente, anche in presenza degli sforzi meccanici cui sono sottoposti gli isolatori nelle condizioni normali di funzionamento.

25.2.5 Apparecchi di via

I differenti vincoli del tracciato e di esercizio della linea richiedono l'utilizzo di diversi tipi di apparecchiature quali le comunicazioni di via, i deviatori e la rotaia di guida centrale in corrispondenza delle stazioni.

Il principio di guida consiste nel creare sull'asse della pista una scanalatura (a livello delle piste di rotolamento) nella quale si vanno ad inserire delle rotelle ad asse orizzontale solidali con il telaio di guida del veicolo.

Ogni elemento dello scambio è smontabile indipendentemente dalle altre apparecchiature di tipo corrente (scanalatura, piste di rotolamento, barre di guida, ecc.).

Nelle zone dei deviatori le barre di guida sono interrotte sul lato interno delle due vie di corsa ed eventualmente anche sul lato esterno. Gli inviti di inserimento della ruota di guida e dello strisciante sono realizzati con pezzi metallici speciali giuntati e saldati sulle barre guida.

25.3 Sistema su ferro

Occorre preliminarmente considerare che i sistemi su ferro possono essere alimentati sia per mezzo della terza rotaia sia attraverso l'utilizzo della catenaria.

In questo caso è previsto un sistema su calcestruzzo e uno su ballast: il primo da utilizzare in galleria, il secondo da utilizzare eventualmente nell'area deposito all'aperto, non presente nella tratta "Politecnico-Rebaudengo".

25.3.1 Armamento con traverse bi-blocco

25.3.1.1 La via di corsa

Per questo sistema di armamento gli elementi che costituiscono la via di corsa sono:

- rotaie;
- traverse a due blocchi;
- organi di attacco elastici;
- deviatori;
- passaggi cavi e polifore;
- calcestruzzo di "chiusura";
- calcestruzzo di "ricarica";
- rete elettrosaldata;
- drenaggi;
- banchine laterali di emergenza

25.3.1.2 Binario di linea

L'armamento è caratterizzato da una rotaia da 50-60 Kg/m fissata tramite organi di attacco elastici a una traversa bi-blocco in cemento armato.

Detta traversa è annegata in un getto di calcestruzzo previa interposizione sotto i blocchetti di una piastra di materiale microcellulare inglobata a sua volta in una cuffia di gomma che foderà la parte inferiore del blocchetto.

Le traverse saranno disposte ad un passo di 60 cm e, con il sistema di alimentazione della terza rotaia, ogni 5,0-5,5 metri sarà adottata una traversa speciale con uno dei due blocchetti più lungo, recante la predisposizione per ricevere il fissaggio della rotaia suddetta.

Per quanto riguarda gli scambi la loro parte metallica è ancorata tramite organi di attacco elastici a traversoni di appoggio in c.a.p. a loro volta annegati in un getto di calcestruzzo previa interposizione sotto gli stessi traversoni di piastre di materiale microcellulare appoggiate a loro volta su soles in gomma.

25.3.1.3 Galleria artificiale a sezione rettangolare

Le traverse sono annegate in uno strato di calcestruzzo detto di "ammorsamento" dello spessore di 25 cm, appoggiato sul calcestruzzo di riempimento e delimitato lateralmente da due polifore portacavi che fungono da percorso pedonale laterale.

Centralmente è collocata una canaletta portacavi in cui trovano alloggio gli impianti di alimentazione della terza rotaia.

Lo smaltimento delle acque di piattaforma viene assicurato attraverso due tubi da 160 mm di diametro che corrono parallelamente ai due binari e che vengono interrotti ogni 20 m da un pozzetto 30x35 cm.

25.3.1.4 Galleria a sezione circolare o policentrica

L'intero pacchetto dell'armamento, costituito da "calcestruzzo di ammorsamento", traversine biblocco e rotaie, è appoggiato su uno strato variabile di calcestruzzo magro detto di riempimento.

Il drenaggio avviene attraverso un tubo centrale annegato nello strato più basso di calcestruzzo, interrotto ogni 40 m da un pozzetto di ispezione all'interno del quale convogliano le acque due tubazioni laterali da 160 mm di diametro.

Una polifora laterale permette l'alloggiamento dei cavi di sistema e svolge funzione di camminamento di sicurezza.

25.3.1.5 Scambi di linea

In generale, gli scambi di linea sono realizzati con rotaie da 50-60 Kg/m che vengono posate inclinate a 1/20 su tutta la lunghezza dello scambio ed ancorate a traversoni in c.a.p.

25.3.2 Armamento con binario su ballast

L'armamento standard su ballast, che può essere utilizzato nell'area del deposito all'aperto, non previste per la tratta "Politecnico-Rebaudengo", è caratterizzato da una rotaia da 50-60 Kg/m fissata tramite organi di attacco elastici a una traversa biblocco in cemento armato che a sua volta è appoggiata su una massicciata ferroviaria realizzata con pietrisco.

Il pietrisco considerato per la formazione della massicciata avrà spessore variabile, ma tale da garantire sempre almeno 35 cm di materiale sotto la traversina.

Le rotaie, la cui lunghezza sarà definita in fase esecutiva in funzione della minore o maggiore facilità di movimentazione delle stesse, sono saldate fra di loro con procedimento di saldatura alluminotermica.

Le traverse saranno disposte ad un passo di 60 cm.

La parte metallica dello scambio sarà ancorata tramite organi di attacco tipo "K" a traversoni di appoggio in legno a loro volta appoggiati su massicciata ferroviaria realizzata con pietrisco.

25.3.3 Armamento antivibrante

Il documento "Studio vibrazionale" (cod. MTL2T1A0DAMBGENR006) della cartella 16 "Studio di impatto ambientale" del Progetto Definitivo, a cui si rimanda per i dettagli, riporta lo studio previsionale dell'impatto sia da vibrazioni sia da rumore indotto per via strutturale determinato dal passaggio dei treni su sistema su ferro.

La scelta di tale tipologia di armamento prevede l'applicazione di interventi mitigativi su determinate tratte definite dallo studio previsionale.

Le risultanze dello studio previsionale basate su uno spettro "tipo" ricavato dalla letteratura tecnica come riferimento per le vibrazioni emesse dai convogli su ferro, giacché allo stato attuale non è stato ancora definito il materiale rotabile di possibile impiego, hanno evidenziato elementi di criticità acustica lungo alcuni tratti di linea e la possibilità di potenziale presenza di disturbo vibrotattile in aree più limitate. È pertanto opportuno valutare e fornire indicazioni prestazionali per l'adozione di armamenti ferroviari antivibranti finalizzati alla eliminazione degli elementi di criticità riscontrati.

Per completezza di trattazione si ritiene opportuno descrivere un sistema di armamento di tipo massivo, che risulti efficace per realizzare l'effetto di taglio delle vibrazioni trasmesse dai treni alle strutture adiacenti, quando questo dovesse risultare necessario a causa della vicinanza di tali strutture alla linea ferroviaria.

L'armamento massivo utilizza componenti tradizionali impiegati negli armamenti senza ballast installati su vasche flottanti in cemento armato ordinario preconfezionate in stabilimento, sostenute da elementi elastomerici discreti impiegati "a secco".

Il rispetto della geometria del binario in fase di installazione dell'armamento è garantito attraverso dalla corretta messa in opera delle rotaie e dei componenti tradizionali del sistema ed il successivo getto di malta di allettamento tra le vasche flottanti ed i componenti tradizionali.

Tra il sottofondo dell'armamento e il centro di alcune vasche è disposto un manufatto metallico chiamato "stopper", che ha la funzione di contrastare le azioni orizzontali generate sull'armamento dal serpeggiamento del treno, dalle sue accelerazioni e frenate, dalle forze centrifughe prodotte durante il suo passaggio in curva e dalle azioni longitudinali di natura termica.

Il sistema di armamento massivo, pertanto, possiede le caratteristiche dell'armamento senza ballast e, contemporaneamente, risolve i problemi di inquinamento ambientale da rumore e da vibrazioni, grazie al corretto dimensionamento degli elementi smorzanti.

25.3.3.1 Descrizione dell'armamento

Le cinque componenti principali del sistema di armamento massivo sono:

- la fondazione;
- la vasca flottante;
- lo stopper;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- il blocchetto estraibile;
- il binario.

25.3.3.2 La fondazione

L'armamento massivo può essere installato su qualsiasi sottofondo in calcestruzzo già realizzato alla quota d'appoggio dell'armamento o ricavato con un getto, debolmente armato, di appoggio.

La quota definitiva del piano di appoggio è stabilita in base alle caratteristiche del binario (dimensioni della rotaia e tipo di organo di attacco) e delle vasche flottanti.

25.3.3.3 La vasca flottante

La vasca flottante è il componente caratterizzante il sistema ed è realizzata in cemento armato prefabbricato.

Le vasche sono installate su elementi sotto-vasca disposti direttamente sul piano di appoggio dell'armamento in coppie distribuite a quinconce lungo la linea in modo che sotto ogni vasca, in corrispondenza delle rotaie, siano disposti:

due elementi in mezzeria della vasca, da un lato del binario;

un elemento in corrispondenza dei giunti tra la vasca e le vasche attigue, dall'altro lato del binario.

25.3.3.4 Lo stopper

Tra il sottofondo dell'armamento e il centro di alcune vasche è disposto un manufatto metallico chiamato stopper, che ha la funzione di contrastare le azioni orizzontali generate dal serpeggiamento del treno, dalle accelerazioni e frenate, e dalle forze centrifughe prodotte durante la marcia in curva.

Tale elemento è formato da un pistone di acciaio con flangia, fissato al piano di appoggio dell'armamento mediante idonei ancoraggi, che scorre all'interno di una camicia di acciaio ancorata con getto di completamento alla vasca.

Normalmente è necessario installare uno stopper ogni 2 ÷ 3 vasche; in casi estremamente particolari (raggi di curvatura oltremodo ridotti, velocità di transito dei treni in curva notevolmente variabili, ecc.) può essere necessario installare uno stopper ogni vasca.

25.3.3.5 Il blocchetto estraibile

Il blocchetto estraibile è formato essenzialmente da un manufatto di calcestruzzo prefabbricato disposto tra la vasca flottante ed il binario.

I blocchetti estraibili, avvolti da una scarpa polimerica con suola elastomerica aggiuntiva, sono annegati nella vasca tramite malta di allettamento. Gli elementi in gomma che avvolgono il blocchetto consentono:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

una moderata deformabilità tra il blocchetto e la vasca, che produce un effetto filtro delle frequenze più elevate;

la sostituibilità in esercizio del blocchetto qualora le esigenze della manutenzione o dell'esercizio lo richiedano.

25.3.3.6 Il binario

La scelta del tipo di rotaie e del loro organo di attacco tiene conto delle esigenze derivanti dall'opportunità di utilizzare componenti omogenei con quelli installati lungo la linea priva di massivo.

Ai fini delle prestazioni globali dell'armamento il tipo di organo di attacco delle rotaie produce un effetto limitato in quanto tali prestazioni dipendono fondamentalmente dalla massa flottante dell'armamento.

26. INTERFACCE GENERALI DELL'INFRASTRUTTURA CIVILE CON IL SISTEMA

Gli impianti ferroviari (o di "Sistema") sono costituiti da un insieme di "sottosistemi" quali il Materiale Rotabile, l'armamento, l'elettrificazione e il sistema di regolazione del traffico a sua volta composto dal segnalamento, il distanziamento dei treni e l'automazione integrale.

L'elevato grado di utilizzazione degli impianti, la ripetitività delle operazioni, i distanziamenti minimi tra i treni, i perturbamenti accidentali della circolazione e la rapidità richiesta negli interventi di regolazione del traffico rendono indispensabili, per le metropolitane, alti livelli di automazione, in modo da sfruttare la potenzialità massima delle linee stesse ed assicurare un corretto svolgimento dell'esercizio, che è gestito in maniera unitaria dal Posto Centrale di Controllo (PCC). Esso fornisce le informazioni sulla posizione dei treni attraverso sistemi per il riconoscimento automatico degli stessi.

Il progetto del sistema e la definizione delle sue interfacce nei confronti delle Opere Civili definisce il livello di prestazione necessario e il perimetro delle interfacce geometriche e tecnologiche del progetto delle opere civili ed impiantistiche.

Si specifica che il Sistema è di tipo "Driverless", ad automazione integrale e dotato dei più recenti sistemi di sicurezza.

26.1 Galleria circolare o policentrica

L'interfaccia tra Opere di Sistema e Opere Civili interessa principalmente:

- il calcestruzzo di ricarica;
- la connessione delle reti di drenaggio fra Sistema e Opere Civili sui punti bassi dell'opera;
- i banchi tubi;
- le polifore per l'alloggiamento cavi (ove previsto);
- il fissaggio di passerelle, mancorrenti e i passaggi di cavi sull'opera;
- le predisposizioni nel tunnel;
- la protezione antincendio, l'illuminazione e la segnaletica;
- i sistemi di diffusione sonora e videosorveglianza.

26.2 Galleria artificiale scatolare

L'interfaccia tra Opere di Sistema e Opere Civili interessa principalmente:

- il calcestruzzo di ricarica;
- il collegamento delle reti di drenaggio specifiche di Sistema e generali delle Opere Civili sui punti bassi d'opera;
- le polifore per l'alloggiamento cavi;
- il fissaggio di passerelle, mancorrenti e percorsi di cavi sull'opera;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- il collegamento tra il piano della via e la struttura all'intradosso della base dell'opera;
- le predisposizioni nei piedritti degli impianti di Sistema;
- la protezione antincendio, l'illuminazione e la segnaletica;
- i sistemi di diffusione sonora e videosorveglianza.

26.3 Tratto di linea nelle zone delle Stazioni Sotterranee

L'interfaccia tra Opere di Sistema e Opere Civili interessa principalmente:

- il riempimento che costituisce il piano di imposta della piattaforma di via, tra muretti di banchina;
- il collegamento delle reti di drenaggio Sistema ed Opere Civili;
- le opere legate alle polifore per l'alloggiamento cavi;
- il percorso dei cavi in stazione;
- l'illuminazione e la segnaletica;
- le compartimentazioni di finestre e forometrie da sottobanchina.

26.4 Edifici Deposito-Officina (solo informazione)

L'interfaccia tra Opere di Sistema e Opere Civili interessa principalmente:

- edifici officina e di ausilio alla manutenzione;
- edificio Posto Centrale di Controllo;
- edifici deposito treni per il ricovero dei convogli;
- piattaforme via di corsa (all'aperto e al chiuso);
- percorsi e vie cavi canaline per il passaggio cavi di correnti forti e deboli all'aperto, lungo il fascio binari;
- le polifore per l'alloggiamento cavi;
- percorsi e vie cavi in cavedi o pavimenti flottanti posti all'interno degli edifici;
- banchine in carpenteria metallica di accesso manutenzione veicoli (deposito esterno);
- fosse per accesso manutenzione veicoli (deposito interrato);
- interfaccia impianti di ventilazione e antincendio con il sistema di gestione e controllo treni, l'alimentazione elettrica di trazione e le aree di manutenzione;
- sistemi ed impianti specifici relativi alla effettuazione della manutenzione dei treni (attrezzaggio);
- sottostazioni elettriche primarie;
- drenaggio acque;
- aree esterne e strutture secondarie di sistema;
- la segnaletica.

27. ASPETTI DA APPROFONDIRE NELLA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO

27.1 Aspetti di carattere generale

Nella redazione del progetto esecutivo, l'Aggiudicatario dovrà approfondire gli aspetti di dettaglio relativi alle tematiche contenute nel progetto definitivo. In particolare, l'Aggiudicatario dovrà:

- verificare lo stato di consistenza delle fognature interferenti con le opere, al fine di definire nel dettaglio gli interventi di risoluzione delle interferenze, anche per quel che riguarda gli allacci privati dei singoli fabbricati (condomini, fabbriche, ecc...);
- aggiornare tutte le modellazioni CFD necessarie per dimostrare l'efficacia dei sistemi di protezione attiva (ventilazione, antincendio...), nel caso di modifiche introdotte rispetto al progetto definitivo approvato dal Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco.

Nella redazione del progetto esecutivo, l'Aggiudicatario dovrà altresì ottemperare a tutte le prescrizioni formulate dagli Enti competenti nella Conferenza dei Servizi PAUR (procedimento autorizzatorio unico regionale) indetta per l'esame del progetto definitivo della tratta "Politecnico-Rebaudengo" e darne specifica evidenza in un'apposita relazione. Per comodità di lettura, tali pareri sono stati raccolti in una specifica Relazione di ottemperanza delle prescrizioni con l'indicazione delle prescrizioni che dovranno essere recepite nelle fasi successive di progettazione, realizzazione dell'opera e nella fase di post operam.

27.2 Prescrizioni del Rapporto finale della Conferenza dei servizi PAUR di approvazione del progetto definitivo

Nella redazione del Progetto Esecutivo, l'Aggiudicatario dovrà ottemperare a tutte le prescrizioni formulate dagli Enti partecipanti alla Conferenza dei Servizi del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (c.d. "PAUR") indetta dalle Pubbliche Autorità competenti per la valutazione e l'approvazione del Progetto Definitivo della tratta "Politecnico-Rebaudengo" dandone specifica evidenza in un'apposita Relazione. Per facilità di lettura tutti i pareri formulati dalla Pubbliche Autorità o Enti competenti (di cui alla Determina Dirigenziale prot. n.5223 del 22/09/2023 del Dipartimento Ambiente e Transizione Ecologica della Città di Torino) sono stati raccolti in una specifica Relazione di ottemperanza delle prescrizioni in cui sono indicate tutte le prescrizioni che dovranno essere recepite nelle successive fasi di progettazione e realizzazione dell'opera nonché nella fase di post-operam.

L'Aggiudicatario dovrà quindi ottemperare, per quanto di propria competenza, a tutte le prescrizioni contenute nel Rapporto Finale della Conferenza dei Servizi del PAUR relativa alla tratta funzionale "Politecnico-Rebaudengo" nel seguito integralmente riportate.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

La Conferenza dei Servizi ha preso atto della necessità di istituire Tavoli tecnici per le Verifiche di Ottemperanza alle condizioni ambientali del Provvedimento Conclusivo del PAUR:

- Tavolo Tecnico n. 1 (Città di Torino, ARPA, Città Metropolitana di Torino, Regione Piemonte) per le materie riguardanti Geotermia, Amianto, Bonifiche, Acque sotterranee, Atmosfera, Rumore e Monitoraggi in generale;
- Tavolo Tecnico n. 2 (Città di Torino, Soprintendenza, Regione Piemonte) per le materie riguardanti Archeologia, Beni ambientali e paesaggistici, Beni culturali;
- Tavolo Tecnico n. 3 (Città di Torino, Regione Piemonte, ARPA, Città Metropolitana di Torino) per le materie relative al Piano di Reperimento e Gestione materiali litoidi e al Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo.

La Città di Torino, in qualità di Autorità Competente, si è riservata di attivare il Tavolo Tecnico con il coinvolgimento del proprio O.T.C. e delle Amministrazioni ed i soggetti territoriali, e anche del Soggetto Proponente, che hanno fornito osservazioni per i profili di rispettiva competenza, anche per altri temi non indicati al punto precedente.

Per ciascun Tavolo Tecnico istituito si prescrive che all'esito della prima riunione sia definito il programma e i contenuti delle comunicazioni relative ai monitoraggi e alle verifiche di ottemperanza.

Le condizioni ambientali, come di seguito riportate nel PAUR, sono state acquisite dalla Conferenza di Servizi e rappresentano l'elaborazione e la sintesi dei pareri e contributi rilasciati dai soggetti competenti in forma di allegati al PAUR.

27.3 Condizioni ambientali del procedimento di VIA

27.3.1 Termine per la verifica di ottemperanza: ANTE OPERAM; antecedente l'approvazione del Progetto Esecutivo della Linea 2 Metropolitana di Torino.

1. siano adottate le azioni di sostenibilità ambientale come previsto ed esplicitato all'interno dello Studio di Impatto Ambientale. Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

27.3.1.1 Piano di Monitoraggio Ambientale

2. sia aggiornato il Piano di Monitoraggio Ambientale in conformità alle condizioni ambientali riportate ai relativi punti seguenti (parere OTC). Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.1.2 Consumo di suolo

3. sia attuato quanto previsto dal PRG NUEA volume I Art. 25 – Ambiti di riqualificazione dello spazio pubblico - 15 Ambito Sempione-Gottardo.
In coerenza agli indirizzi e criteri assunti con la D.G.C. n. 2019-06078/126, il progetto esecutivo dovrà prevedere la completa compensazione degli impatti sul consumo di suolo, tenuto conto dello stato di bonifica e permeabilità dei luoghi ante e post operam. L'area del tratto sud-est del "trincerone" in prossimità Manifattura Tabacchi - Parco della Colletta,

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

è stata individuata come area di principale ricaduta delle compensazioni. Il progetto esecutivo dovrà prevedere il ricorso prioritario a sistemazioni superficiali che privilegino il verde in piena terra, evitando impermeabilizzazioni e ricorrendo a soluzioni progettuali che comportino un consumo reversibile ad aree limitate. Si rileva, infatti, come già allo stato attuale vi siano aree a verde che non rientrano tra quelle da bonificare e che pertanto non potranno essere utilizzate nella contabilizzazione delle superfici di compensazione degli impatti sul consumo di suolo.

Si chiede di prevedere possibilmente tipologie di intervento che consentano un effettivo recupero del suolo che verrà perso, tenendo conto anche degli impatti in corrispondenza dei depositi di stoccaggio del materiale scavato (parere reso da OTC). Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino.

27.3.1.3 Mobilità e trasporti

4. per quanto riguarda le infrastrutture di mobilità, sia prevista la realizzazione e l'integrazione dei sistemi di monitoraggio sul traffico con i sistemi telematici della Città di Torino, secondo le indicazioni del Servizio Mobilità. Il monitoraggio dovrà riguardare sia le fasi di cantiere, sia la fase di esercizio, e riguardare anche l'efficienza dell'interscambio tra la Linea 2 della Metropolitana e gli altri servizi a rete di trasporto pubblico, compresa la mobilità ciclo-pedonale (parere reso da OTC);
5. in accordo ai principi del PUMS, la progettazione delle deviazioni viabilistiche durante le fasi di cantiere dovranno dare la priorità al trasporto pubblico e alla mobilità ciclabile, minimizzando i disagi per gli utenti del trasporto pubblico, rispetto al trasporto privato (parere reso da OTC);
6. vista la localizzazione dei depositi intermedi, posti ad una certa distanza dai siti di produzione del primo lotto del tracciato, occorre che vengano approfonditi gli impatti sul traffico generati dal trasporto del materiale estratto dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio, ed i conseguenti effetti sulle componenti aria e rumore. Tali analisi devono avere la finalità di individuare le opportune misure da adottare in fase di cantiere per ridurre tali impatti e renderli trascurabili (parere Città Metropolitana di Torino, Dipartimento Ambiente e Vigilanza Ambientale in fase di Verifica di assoggettabilità VAS della Variante PRG n. 333) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
7. dovranno essere verificati i rapporti tra le stazioni della linea metropolitana e le direttrici del BICIPLAN, valutando l'eventuale potenziamento della rete ciclabile. In fase di esercizio dovrà essere monitorata la percentuale di occupazione degli stalli per le biciclette a servizio delle stazioni di interscambio in modo da fornire una valutazione sull'efficacia delle misure messe in atto per incentivare il ricorso a questo mezzo di trasporto. (parere reso da OTC). Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino
8. si raccomanda che la progettazione nonché il calcolo del fabbisogno che il Comune di Torino dovrà redigere, dovrà seguire le indicazioni delle Linee Guida sui Ciclopoggi redatte dalla Regione Piemonte e approvate con D.G.R. 16 marzo 2018, n. 16-6611 Legge 2/2008, "Approvazione delle linee guida per la realizzazione ed il mantenimento di

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

cicloposteggi di interscambio per lo sviluppo della mobilità "in bicicletta" e reperibili al seguente link:
https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2023-04/linee_guida_ciclopsteggi_0.pdf (Regione Piemonte - Stazioni metropolitane, *intermodalità metro- bicicletta*) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

27.3.1.4 Acque reflue di cantiere

9. In relazione agli scarichi di acque reflue derivanti dalle attività di cantiere (es.: acque reflue derivanti dall'attività di perforazione, di lavaggio mezzi d'opera, etc.) ed alle aree esterne di stoccaggio di materiali di diversa natura, ricadenti tra le attività indicate nell'art. 7 del D.P.G.R. n. 1/R/2006, si ritiene che allo stato attuale non vi siano indicazioni specifiche e sufficienti ad una valutazione esaustiva finalizzata al rilascio dei singoli titoli autorizzativi necessari. In fase di progettazione esecutiva dovrà essere approfondito, sulla base alle specificità delle singole aree, la necessità di rilasciare singole autorizzazioni ambientali per le aree di cantiere ottimizzandone la verifica amministrativa, il controllo nel tempo in fase di attività e la conclusione, qualora l'esercizio della specifica fase non avesse più la necessità di un'autorizzazione ambientale (Città Metropolitana di Torino – Allegato n. 2) Soggetto preposto alla verifica: Città Metropolitana di Torino.

27.3.1.5 Acque sotterranee

10. ad integrazione e modifica di quanto proposto nella documentazione per il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) e al fine di monitorare gli effetti indotti dalla realizzazione delle opere in progetto, dovranno essere:
- a) predisposti tre sistemi di monitoraggio sito specifici, (Deposito/Officina e stazione Rebaudengo, Edificio E 75, tratto tra Pozzo Novara e Stazione Corelli) dotati di un numero sufficiente di piezometri in grado di misurare gli effetti indotti dalle opere in progetto sulla falda freatica (i piezometri dovranno attestarsi ad una quota consona con la B.A.S. come identificata dalla dgr n. 34-11524 del 3 giugno 2009 e smi);
 - b) avviate le misure con acquisizione automatica e con frequenza di lettura minima ogni 4 ore che dovranno essere protratte per almeno un anno idrologico antecedentemente alla realizzazione delle opere fondazionali potenzialmente interferenti;
 - c) definiti i franchi di sicurezza da mantenere al di sotto delle opere di fondazione dei manufatti esistenti (stazione FS Rebaudengo-Fossata; Edificio E75; edifici posti a tergo del tratto di linea metropolitana tra Pozzo Novara e Stazione Corelli) stabilendo delle soglie con quote espresse in m sul livello del mare. I franchi di sicurezza dovranno essere tali da permettere, in tempi brevi, la realizzazione di eventuali sistemi di aggotamento e allontanamento delle acque sotterranee di cui al punto successivo;
 - d) redatti tre distinti progetti di emergenza per i siti di cui al punto a) contenenti, al fine di mantenere i franchi predefiniti, ubicazione e dimensionamento dei sistemi di aggotamento, di allontanamento e di scarico delle acque sotterranee emunte.
- I sistemi di monitoraggio di cui al punto a) dovranno essere mantenuti attivi durante la fase di cantiere e per almeno un quinquennio oltre la data di fine lavori, salvo

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

diversa indicazione che potrà emergere nel corso delle verifiche di ottemperanza di cui al D.lgs. 152/2006 e smi.

La documentazione di cui ai punti a), c) e d), redatta e sottoscritta da professionista abilitato esperto in materia, dovrà essere inviata al termine dei lavori di installazione del sistema di monitoraggio. I dati del monitoraggio ante operam di cui al punto b), nonché di quelli in operam e post operam, dovranno essere resi accessibili tramite link ad apposita pagina web dedicata. (Avvio del monitoraggio) (Regione Piemonte - Prescrizione ambientale n. 2) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente e coordinato dal Settore regionale Tutela ed Uso sostenibile delle Acque con Arpa Piemonte;

11. Con riferimento al PMA si forniscono le seguenti indicazioni:
- Dovrà essere realizzato un piezometro a valle della curva "a gomito" che il tracciato compie tra le fermate Corelli e Cimarosa Tabacchi;
 - I rilievi piezometrici, previsti a cadenza trimestrale, dovranno essere effettuati Mensilmente, con misurazione dei parametri in situ;
 - non dovranno essere utilizzati i piezometri tipo "casagrande" nella rete, visto che, per le loro caratteristiche tecniche e di installazione non sono idonei per monitoraggi ambientali;
 - (ARPA) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente

27.3.1.6 Amianto:

12. si ritiene che la classificazione proposta della POMA/Rischio, attribuita all'intero tracciato, debba essere oggetto di ulteriori approfondimenti e valutazioni a scala locale da recepirsi nel progetto esecutivo al fine di ottimizzare il piano di monitoraggio e controllo (come da contributo dell'ARPA allegato).bSoggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
13. In merito alle terre e rocce da scavo, si ritiene necessario nei successivi approfondimenti progettuali, l'esplicitazione sia delle procedure che si andranno a adottare per il prelievo di campioni durante le opere di sbancamento di stazioni e pozzi, sia delle modalità e frequenze dei campionamenti nella fase di lavoro in cui è prevista l'intensificazione della caratterizzazione. Tenendo conto delle considerazioni sopra esposte, il monitoraggio ambientale dell'amianto aerodisperso dovrà essere valutato in tutti gli scenari di rischio; a titolo d'esempio, come riportato nel contributo di Arpa allegato al presente documento, è stata predisposta una scheda per la valutazione degli assetti di monitoraggio nei vari scenari di rischio (Arpa). Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.1.7 Atmosfera

14. dovrà essere condotta su tutti i filtri della campagna di misura la determinazione degli IPA e metalli nel particolato atmosferico, alternando i filtri da destinare alla ricerca dei metalli con quelli per la determinazione degli IPA La determinazione del Biossido di Azoto e del Benzene, prevista mediante campionatori diffusivi, dovrà essere condotta installando i campionatori in duplicato/triplicato per valutare la riproducibilità della determinazione

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

(avvio monitoraggio) (ARPA) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.1.8 Avifauna:

15. in merito al manufatto del Deposito/Officina Rebaudengo che si sviluppa per due piani interrati e 3 piani fuori terra, si prende atto di quanto dichiarato dal proponente per cui l'involucro è tale da risultare visibile all'avifauna ed evitare collisioni. In ogni caso, per la progettazione esecutiva, si potrà far riferimento alla pubblicazione "Costruire con vetro e luce rispettando gli uccelli", Stazione ornitologica svizzera Sempach 2013, scaricabile dal sito web: <http://vogelglas.vogelwarte.ch/it/home>. (Regione Piemonte - Agricoltura, Uso del suolo) Soggetto preposto alla Verifica: Città di Torino;

27.3.1.9 Acustica:

16. ai fini della valutazione del potenziale impatto acustico indotto dall'insediamento delle nuove attività, sarà necessario predisporre una più approfondita documentazione previsionale di impatto acustico, secondo i criteri indicati nella D.G.R. 2 febbraio 2004, n. 9-11616, considerando anche la fase di realizzazione, incluso il traffico indotto per la fase di cantiere. Si richiede una particolare attenzione, nelle successive fasi progettuali, al fine di minimizzare la rumorosità indotta verso i ricettori limitrofi dagli impianti tecnologici (parere reso da OTC). Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e ARPA;

27.3.1.10 CAM e fonti energetiche rinnovabili:

17. per gli interventi previsti sulle aree da cedere alla Città e su quelle assoggettate ad uso pubblico, saranno da adottarsi (per quanto applicabile) il Protocollo degli Acquisti Pubblici Ecologici (APE) ed i Criteri Minimi Ambientali (CAM) ministeriali, così come previsto dall'art. 57 del D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36 Codice dei contratti pubblici; e s.m.i., inclusi quelli inerenti il "Servizio di gestione del verde pubblico e fornitura prodotti per la cura del verde" approvati con DM n° 63 del 10 marzo 2020 e i "Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi" approvato con D.M. n 183 del 23 giugno 2022, e quelli di prossima pubblicazione, come quello relativo alla categoria opere stradali. I riferimenti del Protocollo APE e degli Allegati/CAM sono consultabili sul sito istituzionale della Città di Torino alla sezione "ambiente e verde"; "informambiente"; "acquisti pubblici ecologici"; dovrà inoltre essere valutata l'estensione agli interventi privati, in quanto possibile, dei criteri del GPP (Green Public Procurement o Acquisti sostenibili della Pubblica Amministrazione, allegati APE e CAM) al fine di integrare considerazioni in merito al Life Cycle Cost dei materiali nelle aree suddette; Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;
18. l'approvvigionamento di energia elettrica da fonti rinnovabili dovrà avvenire sia per la fase di esercizio che per le fasi di cantiere secondo due modalità: sottoscrivendo per la fornitura di cantiere un contratto in cui sia specificato che l'energia elettrica che sarà consumata è derivata da fonti energetiche rinnovabili (E-FER), oppure acquistando a fine lavori le

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Garanzie di Origine (GO) equivalenti al consumo dell'energia elettrica di tutta la durata del cantiere 1GO=1MWh. Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

27.3.1.11 Canali irrigui (agricoltura):

19. verificare con i Consorzi irrigui competenti per territorio, ai fini sia di una corretta funzionalità idraulica della rete irrigua, la possibilità di eseguire agevolmente tutte le operazioni manutentive e ispettive dei canali, che dovranno svolgersi agevolmente ed in sicurezza. Il cronoprogramma della realizzazione delle opere dovrà tener conto della necessità di assicurare la funzionalità della rete irrigua nel periodo di irrigazione (Regione Piemonte - Agricoltura, Uso del suolo) Soggetto preposto alla Verifica: Città di Torino;

27.3.1.12 Geostrutture energetiche:

20. si suggerisce che, nelle successive fasi progettuali, in funzione delle infrastrutture esistenti, venga effettuato un riesame delle valutazioni – con riferimento al fatto che "l'attivazione termica della galleria della ML2 porta in linea generale ad interferenze piuttosto limitate nei confronti degli impianti geotermici esistenti" - e al fine di poter analizzare e prevedere nel dettaglio le eventuali e/o possibili interferenze dell'opera con gli impianti di climatizzazione di tipo geotermico esistenti e ad oggi autorizzati; di prevedere eventuali attività/interventi al fine di non rappresentare un elemento ostativo all'ottimale funzionamento di detti impianti esistenti sia dal punto di vista strutturale, sia termico. Dovrà essere inoltre valutata anche l'eventuale influenza negativa degli impianti di climatizzazione di tipo geotermico esistenti con la funzionalità e la produttività delle stesse geostrutture energetiche previste lungo tutta la linea 2 della Metropolitana di Torino, Tratta Rebaudengo – Politecnico (CMTO – Allegato n. 2) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.1.13 Invarianza idraulica:

21. Si richiama quanto previsto dal PRG NUEA Allegato B art. 1 comma 26 Gestione sostenibile acque meteoriche interessanti il progetto della Linea 2 della Metropolitana (parere reso da OTC). Soggetto preposto alla Verifica: Città di Torino;
22. Il dimensionamento dei sistemi di raccolta, accumulo, drenaggio ed eventuale infiltrazione, dovrà recepire le indicazioni del progetto definitivo (doc. 02_MTL2T1A0DIDRGENR002-0-1 Idrologia e idraulica gestione delle acque meteoriche in fase di cantiere ed esercizio) e basarsi su criteri e metodi riconosciuti individuando sistemi di drenaggio urbano sostenibile, eventualmente con ricorso a soluzioni NBS, dovrà essere verificata la presenza di eventuali limiti di portata della rete più cautelativi imposti dall'Ente Gestore e, nel caso di sistemi di infiltrazione (rain garden, trincee drenanti, ecc.), il dimensionamento si dovrà basare su parametri idrogeologici sito-specifici ricavati da indagini e prove di dettaglio. I relativi progetti dovranno essere previsti nel progetto esecutivo adottando i più opportuni sistemi per limitare gli apporti alla rete fognaria secondo i principi dell'invarianza ed attenuazione idraulica come previsto dal Piano di Resilienza. Gli schemi per la regimazione delle acque meteoriche dovranno tener conto

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- degli obiettivi e scenari ipotizzati per la bonifica (parere reso da OTC) Soggetto preposto alla Verifica: Città di Torino;
23. si dovrà effettuare, ove possibile, una gestione sostenibile delle acque meteoriche provenienti dalle coperture dei fabbricati e delle acque di seconda pioggia, prevedendo il recupero ed il riuso, ad esempio per l'irrigazione delle aree verdi (parere ARPA rilasciato in fase di Verifica di assoggettabilità VAS della Variante PRG n. 333) Soggetto preposto alla Verifica: Città di Torino;
24. Per le superfici scoperte del complesso Deposito/Officina denominato Rebaudengo, verificare la possibilità di mantenere una quota pari al 30% di superficie permeabile seguendo come valido riferimento il documento "Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo" reperibile alla pagina web: http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_it.pdf. (Regione Piemonte) Soggetto preposto alla Verifica: Città di Torino;

27.3.1.14 Tutela paesaggistica e architettonica

25. Con riferimento ai potenziali impatti sulla componente Paesaggio, la progettazione dovrà fare riferimento alle seguenti linee guida e indirizzi della Regione Piemonte: "Linee guida per l'analisi, la tutela e la valorizzazione degli aspetti scenico-percettivi del Paesaggio" (maggio, 2014), "Indirizzi per la qualità paesaggistica degli insediamenti. Buone pratiche per la progettazione edilizia" e "Indirizzi per la qualità paesaggistica degli insediamenti. Buone pratiche per la pianificazione locale" approvati con D.G.R. n. 30-13616 del 22 Marzo 2010 (parere reso da OTC); Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino - Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio.
26. La Soprintendenza, ai sensi delle norme richiamate e delle altre vigenti, per quanto di competenza esclusivamente sotto il profilo paesaggistico, storico-architettonico e archeologico, autorizza ai sensi dell'art 21 della Parte II del D. lgs 42/2004 e s.m.i. ed esprime parere favorevole ai sensi dell'art. 146 della Parte III del D.lgs 42/2004 e s.m.i. all'esecuzione delle opere così come descritte negli elaborati progettuali alle seguenti vincolanti condizioni:
- 1) in riferimento alle possibili interferenze delle opere di scavo previste con la condizione strutturale di edifici assoggettati a tutela monumentale, si chiede lo sviluppo di piani e soluzioni di abbattimento preventivo del rischio di danneggiamento strutturale in riferimento ai manufatti che, per posizione e condizione pregressa, si presentino maggiormente vulnerabili. Inoltre, tutti gli edifici monumentali dovranno essere oggetto di specifica attenta valutazione statica prima, durante e dopo gli interventi di scavo, oltre che dei sopra citati piani per l'abbattimento preventivo del rischio.
 - 2) in riferimento alle aree di tessuto urbano storico interferite dal tracciato della linea metropolitana 2 in progetto, si richiede di utilizzare - per il rivestimento dei sedimi esterni previsti in materiale lapideo - elementi di taglio, pezzatura e natura mineralogica coerente con le preesistenze circostanti, privilegiando la pietra di Luserna a lastre rispetto al granito.
 - 3) per quanto riguarda il progetto di traslazione, ricollocazione e restauro del Monumento a Carlo Alberto si richiede in primo luogo che il progetto esecutivo preveda

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

una collocazione temporanea della parte basamentale in una posizione il più possibile ravvicinata rispetto all'attuale collocazione, al fine di limitare i potenziali danni dovuti al trasporto, analizzando ulteriormente, alla luce dei recenti sondaggi eseguiti nella parte basamentale, se fosse possibile evitare tale spostamento e conservare in sito la struttura laterizia ad archi recentemente riscoperta. Inoltre, anche alla luce delle particolari caratteristiche morfologiche del basamento, concepito fin dall'origine come un elemento lapideo compatto e unitario, vista anche la voluta esiguità degli spazi di connettitura tra un blocco e l'altro, si esclude categoricamente la possibilità di un sezionamento o di un risezionamento del blocco basamentale. Si richiede inoltre che il progetto esecutivo esegua ulteriori indagini preventive sulle sculture in bronzo, al fine di dettagliare sia il loro stato conservativo sia le modalità di aggancio delle stesse e prevedere di conseguenza adeguati metodi per la rimozione temporanea delle sculture, eseguendo un'accurata campagna endoscopica e di radiografie per valutare le armature di sostegno interne dei bronzi e il loro stato di conservazione. Si evidenzia che lo smontaggio e spostamento delle decorazioni bronzee dovrà essere eseguito da restauratore qualificato, prima dell'avvio di qualsiasi ulteriore lavorazione edilizia, al fine di evitare danneggiamenti fortuiti alle stesse. Infine si ritiene assolutamente necessario e imprescindibile, anche in mancanza di alcun intervento diretto sul Monumento, che sia previsto un intervento completo di restauro dell'insieme (bronzi e apparati lapidei), considerando sia le effettive esigenze conservative del Monumento compromesse dal degrado e dalla protratta assenza manutentiva sia la situazione di oggettivo rischio di danneggiamenti dovuti agli ingenti interventi previsti dal cantiere sulla Piazza.

4) per quanto riguarda la sistemazione superficiale della Piazza Carlo Alberto si richiede di condividere nella fase esecutiva con una relazione di dettaglio e relativi elaborati grafici le tipologie degli arredi, dei materiali, dei dettagli di messa in opera.

5) per tutte le griglie presenti in Piazza Carlo Alberto e quelle dei pozzi di ventilazione denominati "Carlo Alberto" e "Porta Nuova", si richiede, in fase esecutiva, di riprodurre elementi tipologici già adottati in aree monumentali del centro storico, con grate simili a quelle realizzate nella vicina Piazza San Carlo,

6) per quanto concerne gli interventi previsti nell'area antistante alla stazione di Porta Nuova – lato via Nizza - si chiede di sottoporre a preventivo parere dell'Ufficio Scrivente i campioni delle nuove finiture architettoniche e delle tipologie di arredi,

7) per quanto riguarda gli interventi previsti sui viali alberati tutelati, si chiede di sostituire, appena possibile, le alberature oggetto di abbattimento - che dovranno essere limitate allo stretto indispensabile - con altre specie vegetali analoghe e di pronto effetto, mantenendo il medesimo sesto d'impianto, al fine di ripristinare la continuità e l'uniformità dei filari, elementi sostanziali di pregio dei viali in questione, così come indicato nelle prescrizioni del D.M. 22 febbraio 1964, "Dichiarazione di notevole interesse pubblico dei viali alberati del Comune di Torino". I tagli delle alberature, in linea generale, dovranno essere contenuti per quanto possibile, valutando sempre preventivamente il possibile espianto e reimpianto. Si dovrà garantire un monitoraggio delle nuove alberature, verificandone l'attecchimento in un congruo periodo di tempo; qualora alcuni dei nuovi

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

esemplari dovessero presentare problematiche di crescita e adattamento, si dovrà procedere con la loro sostituzione e la successiva messa a dimora di ulteriori nuovi esemplari.

8) in merito ai filari su via Nizza, oggetto di rimozione, si chiede di prevedere la piantumazione di un nuovo doppio filare continuo e uniforme, colmando le attuali fallanze (cfr. Tavola di progetto file MTL2T1 A2D URSPNT 002)

Al fine di una corretta documentazione dell'intervento, si chiede che venga consegnata entro tre mesi dalla data di ultimazione dei lavori una relazione e documentazione fotografica (nota prot. 8184 del 25/07/2023) con riferimento esclusivamente agli interventi ricadenti nella tutela architettonica e storico-artistica ai sensi della Parte II del D.lgs. 42/2004 e s.m.i. (es. Stazione di Porta Nuova solo la sistemazione superficiale, piazza Carlo Alberto e spostamento del relativo monumento ecc.) (nota prot. 9226 del 1/9/2023);

Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e SABAP.

27.3.1.15 Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo

27. nelle successive fasi progettuali, gli elaborati sul patrimonio arboreo della Città devono integrare le indagini e gli studi finora condotti al fine di mitigare tali impatti e con l'obiettivo di adottare le migliori soluzioni tecniche e tecnologiche che permettano la salvaguardia del maggior numero di esemplari arborei (Città di Torino) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;
28. si richiede che nelle successive fasi progettuali siano condotti ulteriori approfondimenti volti ad individuare eventuali soluzioni progettuali che possano limitare l'occupazione degli spazi a verde, contribuendo al contempo a perseguire gli obiettivi di riduzione del consumo di suolo (Città di Torino) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;
29. in merito alle compensazioni arboree derivanti dall'abbattimento di alberi, anche in ottemperanza agli artt. dal 37 al 40 del Regolamento del Verde Pubblico e Privato della Città di Torino (n. 317), si richiede che sia redatto un dettagliato progetto degli interventi compensativi (consistente in fornitura e messa a dimora di alberi, salvo deroghe concesse dalla Divisione Verde e Parchi) che individui le località in cui questi saranno attuati (Città di Torino) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;
30. Al fine di limitare l'espansione delle specie vegetali alloctone invasive, si ribadisce l'importanza di rispettare, per le successive fasi progettuali, di cantierizzazione e di gestione delle aree, quanto previsto dalla norma regionale di cui alla D.G.R. 18 Dicembre 2012, n. 46-5100 "Identificazione degli elenchi (Black List) delle specie vegetali esotiche invasive del Piemonte e promozione di iniziative di informazione e sensibilizzazione" e s.m.i. (Regione Piemonte - Agricoltura, Uso del suolo) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;
31. dovranno essere preservate e reintegrate le alberature esistenti sul percorso dell'opera al fine di prevenire le isole di calore (Parere ASL rilasciato in fase di Specificazione dei contenuti del S.I.A. della procedura di V.I.A.) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.3.1.16 Interferenze con i siti contaminati

32. Esaminato il piano di indagini proposto si ritiene che lo stesso sia adeguato alle finalità progettuali. In merito ai campioni previsti sulle verticali di indagine, il campione più profondo dovrà essere effettuato in corrispondenza della frangia capillare/zona di oscillazione della falda.
- Pertanto, in base alle misure di soggiacenza disponibili, presso il sito n. 236 (censimento anagrafe dei siti contaminati regionale) - Metallurgica Piemontese Gondrand, il campione più profondo andrà realizzato a circa 14-15 m da p.c. (piano campagna) Risultano sufficienti tre campioni per ciascun sondaggio, non essendo necessario il campione più profondo proposto, fatti salvi eventuali campioni aggiuntivi in corrispondenza di particolari evidenze organolettiche di contaminazione.
- Può essere ridotto a 4 il numero di campioni sulla verticale presso il sito n. 135 (censimento anagrafe dei siti contaminati regionale) – ex distributore ESSO PV 2720, prevedendo: un campione nel primo metro, uno a fondo foro (a circa 12-13 m da p.c.), un campione in corrispondenza del vecchio piano di posa dei serbatoi (3-4 m da p.c.) ed un ulteriore campione intermedio, fatti salvi eventuali campioni aggiuntivi in corrispondenza di particolari evidenze organolettiche di contaminazione.
- Per il sito n. 108 (censimento anagrafe dei siti contaminati regionale) – Ferrovie R.E. S.p.A. – ex Scalo Merci Vanchiglia si condivide il piano di indagini proposto, senza necessità di modifiche. (ARPA) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.1.17 Gestione materiali da scavo:

33. le attività di scavo dovranno privilegiare il pieno riutilizzo delle terre e rocce da scavo prodotte, adottando l'invio in discarica solo come ultima opzione. L'utilizzo delle terre e rocce da scavo in qualità di sottoprodotto dovrà avvenire nel rispetto dei disposti di cui al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120
- Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo (parere reso da OTC) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
34. Il P.U.T. (Piano Utilizzo Terre e rocce da scavo) deve essere aggiornato al fine di includere anche la quota parte di materiali da scavo che, venendo movimentata al di fuori del sito di produzione, non potrà essere riutilizzata in loco nel rispetto dei vincoli imposti dall'art. 185 comma 1 lettera c del D. Lgs 152/06.
(ARPA) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
35. Considerata la variazione nei tenori di fondo in direzione nord-sud della zona interessata dall'opera in particolare per il cromo e la presenza di alcune discrepanze nel confronto tra il data set prodotto ed i dati già disponibili all'ARPA (vedi parere ARPA allegato), si ritiene che in questa fase non ci siano elementi tecnici sufficienti per definire nel dettaglio

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

numericamente i valori di fondo per l'intera tratta Metro2 in progetto, o per specifici sotto-settori della stessa.

Al fine di definire tali valori, dovranno essere effettuati approfondimenti di indagine per il tratto che interessa via Bologna, tra corso Novara e l'intersezione con il sito in bonifica "Ferrovie R.E. S.p.A. – ex Scalo Merci Vanchiglia". Le future indagini dovranno essere eseguite in maniera coordinata con Arpa al fine di permettere la validazione dei dati.

(ARPA) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.1.18 Piano di Reperimento e Gestione materiali litoidi – Condizione ambientale prevista da Regione Piemonte, Settore Polizia Mineraria, Cave e Miniere, D.D. n. 332 del 01/08/2023, da recepire nelle singole autorizzazioni ai sensi della L.R. n. 23/2016:

36. qualora il procedimento di PAUR apportasse modifiche sostanziali alle volumetrie provenienti dalla realizzazione dell'opera pubblica e soggette a deposito definitivo, il proponente dovrà presentare un aggiornamento del Piano conforme alle prescrizioni di cui all'atto conclusivo della procedura di PAUR. Soggetto preposto alla verifica: Regione Piemonte;
37. per tutti gli interventi da autorizzare secondo le procedure di cui all'art 14 della L.R. n. 23/2016, devono essere verificate e rispettate le seguenti prescrizioni generali:
 1. non sono consentiti, sugli immobili e nelle aree tutelate ai sensi dell'articolo 134 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, interventi in contrasto con le "Prescrizioni" degli articoli 3, 13, 14, 15, 16, 18, 23, 26, 33 e 39 delle norme di attuazione in esso contenute, nonché con le "Prescrizioni specifiche" d'uso dei beni paesaggistici di cui all'articolo 143, comma 1, lettera b, del Codice stesso, riportate nel "Catalogo dei beni paesaggistici del Piemonte", Prima parte, del Ppr (rif. scheda n. riferimento regionale A005-A197);
 2. per gli interventi di trasformazione dello stato dei luoghi riguardanti beni paesaggistici di cui alla parte terza del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, deve essere acquisita la preventiva autorizzazione paesaggistica nel rispetto delle procedure previste dall'art. 146 del d.lgs. 42/2004, a eccezione degli interventi non soggetti ad autorizzazione di cui all'art. 149 del d.lgs. 42/2004, all'allegato A del DPR 31/2017 e all'art. 3, comma 3, della l.r. 32/2008;
 3. deve essere garantita una corretta gestione dell'eventuale terreno agrario ottenuto dalle operazioni di scotico utilizzato negli interventi di ripristino ambientale;
 4. per tutti i siti limitrofi a zone irrigate deve essere sempre garantita la continuità del servizio idrico;
 5. sia garantito quanto disposto dal D.lgs 42/2004 in caso di rinvenimenti fortuiti di strutture o giaciture archeologiche, anche dubbie, durante i lavori di ritombamento previsti nel progetto, con particolare riguardo alla immediata segnalazione al Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo, Soprintendenza archeologica belle arti e paesaggio, e alla sospensione dei lavori nel tratto interessato (art. 90), fino all'arrivo di un preposto funzionario archeologo;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

6. è vietato il riutilizzo del materiale, depositato nei siti previsti dal Piano, dopo l'esecuzione delle opere di recupero morfologico ed ambientale prescritte nei vari atti autorizzativi;
7. nelle zone interessate dai movimenti di materiali verso i siti di deposito finale individuati, devono essere adottate tutte le misure atte a contenere la diffusione di polveri, rumori ed inquinamento atmosferico, attrezzandole con dispositivi lava-ruote dei mezzi operativi, bagnatura delle piste sterrate, e verificando la chiusura dei cassoni dei mezzi di trasporto con appositi teloni a pieno e vuoto carico
Soggetto preposto alla verifica: Regione Piemonte;
38. per quanto riguarda gli aspetti connessi alla viabilità: in fase di autorizzazione L.R. n. 23/2016 l'interessamento di viabilità di competenza provinciale deve essere prioritariamente concordato con il Settore Viabilità della Provincia Competente Soggetto preposto alla verifica: Regione Piemonte;
39. per i siti nei comuni di: Villareggia C.na Scavarda e Torrazza Piemonte C.na Gorette, attualmente autorizzati ad un recupero ambientale esclusivamente con la ricollocazione del terreno agrario, dovrà essere predisposto un progetto di variante del recupero geomorfologico Soggetto preposto alla verifica: Regione Piemonte;

27.3.2 Termine per la verifica di ottemperanza: successiva all'approvazione del progetto esecutivo, e nella fase antecedente l'INIZIO DEI LAVORI

27.3.2.1 Tutela della salute

40. Il Piano di Monitoraggio Sanitario, in riferimento allo Studio Epidemiologico contenuto nello Studio d'Impatto Ambientale, dovrà essere preventivamente concordato con l'ASL nei suoi contenuti e presentato all'ASL e alla Città di Torino prima dell'avvio dei lavori (parere OTC) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e ASL;

27.3.2.2 Acque sotterranee:

41. dovrà essere redatta apposita relazione attestante la chiusura o il ricondizionamento dei piezometri SP- D20, SP-D22, SP-D36, SP-D37 e SP13, redatta e sottoscritta da professionista abilitato esperto in materia". Termini per la trasmissione: invio prima della comunicazione di avvio dei lavori. (Regione Piemonte - Prescrizione ambientale n. 1) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente e Regione Piemonte settore acque;

27.3.2.3 Interferenze opera falda freatica

42. al fine di monitorare gli effetti indotti dalla realizzazione delle opere in progetto dovranno essere predisposti tre sistemi di monitoraggio sito specifici, (Deposito/Officina e stazione Rebaudengo, Edificio E 75, tratto tra Pozzo Novara e Stazione Corelli) dotati di un numero sufficiente di piezometri in grado di misurare gli effetti indotti dalle opere in progetto sulla falda freatica (i piezometri dovranno attestarsi ad una quota consona con la B.A.S. come identificata dalla D.G.R. n. 34-11524 del 3 giugno 2009 e s.m.i.) (continuazione del

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

monitoraggio) (Regione Piemonte - Prescrizione ambientale n. 2) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente e coordinato dal Settore regionale Tutela ed Uso sostenibile delle Acque con Arpa Piemonte;

27.3.2.4 Interferenza opere di consolidamento e/o scavo con pozzi e piezometri

43. dovrà essere redatto apposito documento, aggiornato con lo studio del Politecnico sulla geotermia, il quale contenga le seguenti informazioni:
- attribuzione della classe di rischio di cui sopra ai singoli pozzi e piezometri censiti;
 - attribuzione della classe di rischio ai piezometri del PMA proposto così come integrato dai monitoraggi sito specifici sopra riportati (paragrafo 2 "Piezometria e interferenze opera falda freatica" e paragrafo 5 "Utilizzo strutture a scopi geotermici") evitando, dove possibile, l'ubicazione dei piezometri nella classe di rischio elevato e molto elevato cioè entro la fascia dei 20 m e prevedendone laddove necessario lo spostamento;
 - redazione di un protocollo gestionale della fase di cantiere che preveda l'individuazione:
 - o delle azioni da porre in atto a carico del soggetto attuatore durante l'avanzamento delle operazioni di cantiere per ciascuna classe di rischio individuata, inclusa la necessità di spegnimento dei pozzi in concomitanza delle operazioni di preconsolidamento/cantiere al fine di non precluderne l'efficacia;
 - o dei soggetti titolari di concessione/proprietà dei pozzi e piezometri potenzialmente soggetti ad impatti negativi (distruzione del manufatto, intasamento del manufatto per richiamo delle malte cementizie, impossibilità temporanea all'utilizzo, ecc.), con i quali andranno concordati antecedentemente alle operazioni di cantiere e con congruo anticipo, tempistiche, modalità ed eventuali correzioni delle azioni previste di cui al punto precedente.

Termini per la trasmissione: La documentazione redatta e sottoscritta da professionista abilitato esperto in materia dovrà essere inviata antecedentemente la data di inizio dei lavori. (Regione Piemonte - Prescrizione ambientale n. 4) Soggetto preposto alla verifica Settore Tutela e Uso sostenibile delle Acque della Regione Piemonte.

27.3.2.5 Geostrutture energetiche:

44. Nelle more dello studio di approfondimento ed aggiornamento da parte del Politecnico di Torino sugli impianti geotermici autorizzati, sia a circuito aperto che chiuso, si prende atto che nella zona compresa tra la stazione Carlo Alberto e la stazione porta Nuova sono presenti, a valle idrogeologica del tracciato, numero quattro impianti geotermici, di cui due ricompresi nella fascia di alterazione della temperatura a lungo termine e due poco al di fuori della stessa.

Ad integrazione e modifica di quanto proposto nella documentazione per il Piano di Monitoraggio Ambientale delle acque sotterranee si prescrive, per quanto concerne la modificazione termica delle acque, la seguente prescrizione ambientale:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

al fine di monitorare gli effetti indotti dalla realizzazione delle geo-strutture energetiche, acquisito l'aggiornamento dello studio del politecnico di cui sopra, dovrà essere:

- a. predisposto un sistema di monitoraggio sito specifico posto a valle del tratto Carlo Alberto- Porta Nuova da ubicarsi tra la galleria e gli impianti esistenti. I piezometri di tale sistema dovranno essere in numero sufficiente e dotati di sonda automatica con rilevamento in continuo dei dati. Questi ultimi dovranno essere acquisiti per almeno un anno idrologico e comunque fino alla messa in esercizio delle geo-strutture energetiche, in modo da ricostruire i valori "di bianco" di temperatura. Il monitoraggio dovrà protrarsi successivamente alla messa in esercizio delle geo-strutture energetiche per un periodo pari ad quinquennio salvo diversa indicazione che potrà emergere nel corso delle verifiche di ottemperanza di cui al D.lgs. 152/2006 e smi;
- b. la temperatura dell'acqua di falda dovrà essere misurata, attraverso un sistema dotato di sensori termometrici aventi risoluzione minima di 0.1 °C., in almeno tre punti all'interno del tratto saturo dell'acquifero a profondità tali da essere rappresentative della stratificazione termica delle acque. Il piezometro dovrà essere fenestrato lungo tutto il tratto saturo dell'acquifero ed esteso almeno un metro al di sopra dell'escursione massima della falda (avvio del monitoraggio);
- c. definiti dei valori soglia di temperatura individuati sulla base dei dati misurati e del range ottimale di funzionamento degli impianti geotermici già autorizzati;
- d. definiti gli interventi e le azioni che si dovranno mettere in atto in caso di superamento dei valori soglia di cui al punto precedente.

Termini per la trasmissione: la documentazione di cui ai punti a), b) e c) redatta e sottoscritta da professionista abilitato esperto in materia, dovrà essere inviata al termine dei lavori di installazione del sistema di monitoraggio.

I dati del monitoraggio ante operam di cui al punto a) nonché in operam e post operam, dovranno essere resi accessibili tramite link ad apposita pagina web dedicata.

(Regione Piemonte - Prescrizione ambientale n. 3) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente (ARPA, Città di Torino, Città metropolitana di Torino, Regione Piemonte)

27.3.2.6 Atmosfera:

45. per quanto riguarda gli analizzatori "Real Time" per la misura del particolato atmosferico, si chiede di prestare particolare attenzione alla validazione dei dati restituiti dalla strumentazione dal momento che questi analizzatori risultano privi di certificazione di equivalenza prevista dalla normativa vigente per la qualità dell'aria. Inoltre, l'affiancamento della metodica ufficiale effettuata con il campionatore sequenziale al sistema SMART dovrà essere periodico (stagionale) anche durante la fase di Corso d'Opera, per verificare il mantenimento nel tempo delle prestazioni dell'analizzatore. Si

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

dovrà concordare preventivamente con Arpa presso quale punto di monitoraggio dovranno essere effettuate in fase di Corso d'Opera le misure in continuo con l'analizzatore Real Time. (ARPA) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente

46. al termine del monitoraggio di Ante Operam, e prima dell'inizio delle attività cantieristiche, si chiede al proponente di produrre una relazione tecnica contenente l'analisi dei dati misurati, che dovrà comprendere anche un confronto con i dati delle stazioni fisse del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria, nonché la correlazione con i parametri meteorologici riscontrati. Inoltre, nella relazione dovranno essere evidenziati gli eventuali algoritmi correttivi che verranno utilizzati per l'analizzatore Real Time e dovranno essere definite le soglie di allarme e di intervento da impiegarsi durante la successiva fase di Corso d'Opera (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente
47. Per quanto riguarda la restituzione dei dati ante operam, si richiede di caricare i dati sul Sistema Regionale di Rilevamento della qualità dell'aria (Ariaweb) con tempistiche da concordare con Arpa (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente

27.3.2.7 Polveri:

48. Durante la fase di cantiere il principale impatto sarà pertanto rappresentato dalle emissioni diffuse di polveri derivanti dalla movimentazione dei materiali asportati e del materiale acquisito dall'esterno ed utilizzato per la realizzazione dei manufatti in progetto: per il loro contenimento si prescrive l'adozione delle misure tecniche, operative e gestionali riportate in allegato n. X al presente.

Inoltre, qualora il proponente intendesse installare presso i siti ove saranno ubicate le stazioni, impianti di betonaggio per la produzione del calcestruzzo necessario per la realizzazione dei manufatti in progetto, si rammenta che la Regione Piemonte, con D.G.R. n. 71-16738 del 17/02/1997 ("Autorizzazioni di carattere generale per le emissioni in atmosfera provenienti da impianti di betonaggio, produzione calcestruzzo preconfezionato e impianti produzione conglomerati bituminosi, nuovi, da modificare o da trasferire") ha definito i requisiti impiantistici, tecnici e gestionali per l'installazione e l'esercizio di tali impianti. In particolare, la Regione ha previsto che gli sfiati dei silos per lo stoccaggio del cemento e dell'aria di spostamento utilizzata per il trasporto pneumatico dei materiali siano dotati di un sistema per l'abbattimento delle polveri con filtri a tessuto, dimensionato e mantenuto in modo tale da garantire, in tutte le condizioni di funzionamento, il rispetto di un valore di emissione di polveri totali inferiore a 10 mg/m³ a 0° C e 0,101 MPa.

Si precisa tuttavia che, qualora nel corso delle successive fasi della progettazione fossero individuati siti specifici dove saranno presenti impianti con emissioni convogliate in atmosfera (ad esempio betonaggio, macchinari di triturazione, vagliatura ecc.) per l'installazione e l'esercizio di tali impianti sarà necessario conseguire preventivamente

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

l'autorizzazione per le emissioni atmosferiche di cui al Titolo I della parte V del dlgs. 152.06).

(CMTO) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente

27.3.2.8 Tutela archeologica

49. Considerati gli esiti delle citate indagini sviluppate nel corso della progettazione preliminare e definitiva, si considera concluso il procedimento di Verifica Preventiva dell'Interesse Archeologico ex art. 25 del D. Lgs 50/2016 (attualmente art. 36, c.4 del D. Lgs. 36/2023), limitatamente alla tratta Politecnico-Rebaudengo, con le seguenti vincolanti prescrizioni:

a) Pozzo intertratta PCI (sondaggi PCI 1.3).

I tre sondaggi previsti sono stati effettuati in un settore valutato come a rischio archeologico alto in quanto ubicato lungo una possibile direttrice viaria di età romana nonché in prossimità del complesso del Regio Parco – Manifattura Tabacchi. La stratificazione portata alla luce, consistente in una serie di livelli di riporto moderni al di sotto dei quali si intercetta il livello naturale ghiaioso, affiorante a quote comprese fra di 223,01 e 223,56 m slm, non ha evidenziato elementi d'interesse archeologico. Considerata anche l'estensione dei sondaggi, che hanno permesso di campionare un'area significativa rispetto all'estensione del pozzo, si considera molto basso il rischio archeologico residuo e si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento senza ulteriori prescrizioni.

b) Stazione Cimarosa-Tabacchi (sondaggi Cimarosa-Tabacchi 1-5)

I tre sondaggi previsti sono stati effettuati ai lati della via Bologna, in un settore valutato come a rischio archeologico alto perché ubicato (come il precedente) lungo una possibile direttrice viaria di età romana.

Benché i sondaggi non abbiano condotto all'individuazione di strutture o stratificazioni archeologiche, con l'eccezione di alcuni strati debolmente antropizzati di cronologia non agevolmente definibile, considerata la parzialità delle indagini svolte, concentrate ai margini della via Bologna per esigenze connesse al mantenimento della viabilità e in aree interferita dalla presenza di numerosi sottoservizi, non si ritiene che l'esito dei sondaggi abbia abbattuto in modo sostanziale il livello di rischio archeologico inizialmente stimato come alto.

Si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che lo scavo dell'area sia eseguito con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili.

c) Pozzo PBO (sondaggi PBO 1-2).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

I sondaggi effettuati, anch'essi ubicati lungo l'asse di via Bologna, non hanno condotto all'individuazione di strutture o stratigrafie d'interesse archeologico. Considerata anche l'estensione delle aree indagate, significativa rispetto a quella impegnata del pozzo si considera molto basso il rischio archeologico residuo e si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento senza ulteriori prescrizioni.

d) Stazione Bologna (sondaggi Bologna 1-5)

I sondaggi sono stati condizionati dai ridotti spazi a disposizione, che ne hanno determinato un'esecuzione per segmenti, e dalla fitta presenza di sottoservizi, che hanno impedito di scendere in profondità sull'intera estensione delle aree da indagare.

Stratigrafie di possibile interesse archeologico sono state raggiunte solo nel sondaggio Bologna 1 dove, sotto i riporti moderni, sono stati individuati strati d'uso contenenti alcuni reperti in terracotta (forse distanziatori da fornace di epoca post-medievale) e piccoli frammenti di ceramica invetriata e graffita. Considerata anche la parzialità delle indagini svolte, concentrate ai margini della via Bologna, per esigenze connesse al mantenimento della viabilità, non si ritiene che l'esito dei sondaggi abbia abbattuto in modo sostanziale il livello di rischio archeologico inizialmente stimato come alto. Si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che gli scavi dell'area siano condotti con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili.

e) Pozzo PNO (sondaggi PNO 1-2).

L'area di intervento si colloca sul margine settentrionale di via Bologna. Benché anche in questo caso, i sondaggi siano stati condizionati dalla presenza di alberi e sottoservizi, che hanno indotto una drastica riduzione nell'estensione delle aree indagate, la stratigrafia individuata risulta caratterizzata dall'immediata sovrapposizione dei riporti moderni agli strati sterili; si considera pertanto molto basso il rischio archeologico residuo e si esprime quindi parere di competenza favorevole all'intervento senza ulteriori prescrizioni.

f) Stazione Novara (sondaggi Novara 1-4).

L'area di intervento si colloca all'incrocio fra via Bologna e corso Novara, in un settore valutato a rischio alto in relazione ai rinvenimenti archeologici pregressi, prevalentemente connessi a nuclei necropolari associati ad assi viari in uscita dalla città antica. I sondaggi, già di estensione ridotta e collocati in aree marginali per esigenze connesse al mantenimento della viabilità, sono stati condizionati in modo sostanziale dalla presenza di sottoservizi, che ne hanno di fatto impedito l'esecuzione. L'impossibilità di disporre dei necessari spazi operativi non ha inoltre consentito di chiarire la natura della struttura muraria con orientamento sud ovest-nord est, allineata all'asse della vicina via Mottalciata, identificata in corrispondenza del carotaggio geognostico SP-D23 a partire da 1,7 m dal p.c. Sulla base delle precedenti considerazioni, si ritiene che il livello di rischio archeologico non sia stato ridotto dalle indagini e si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che gli scavi dell'area siano eseguiti con assistenza archeologica

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili. Si richiama inoltre l'opportunità, al fine di anticipare eventuali rinvenimenti evitando successivi interruzioni e rallentamenti, di eseguire i sondaggi non realizzati durante le fasi iniziali di cantierizzazione e di spostamento dei sottoservizi.

g) Pozzo PVR (sondaggi PVR 1-2).

L'area di intervento si colloca all'incrocio fra via Pedrotti e corso Brescia, in un settore valutato a rischio alto perché caratterizzato da numerosi rinvenimenti di carattere funerario di età romana, in particolare tra via Perugia, via Ancona e via Pisa. Poiché i sondaggi sono stati condizionati in modo sostanziale dalla presenza di sottoservizi, che ne hanno drasticamente ridotto l'estensione, non si ritiene abbattuto in modo sostanziale il livello di rischio archeologico.

Si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento a condizione gli scavi dell'area siano eseguiti con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili.

h) Stazione Verona (sondaggi VERONA 1-9)

L'area di intervento si colloca all'incrocio fra corso Verona e corso Regio Parco, in un settore valutato a rischio alto perché caratterizzato da numerosi rinvenimenti di carattere funerario - con particolare riferimento ai recenti scavi della basilica paleocristiana di San Secondo, con annesso cimitero, sotto il Centro Direzionale Lavazza - nonché indiziata di frequentazioni preistoriche per rinvenimenti occorsi nell'area del Cimitero Monumentale. Risulta inoltre da segnalare la diretta interferenza con il Canale del Regio Parco.

I sondaggi hanno consentito d'individuare, oltre ai livelli di riporto moderni, contenenti tuttavia ceramica residuale anche romana, tagli e avvallamenti interpretati come resti di canalizzazioni e stratificazioni di riempimento forse afferenti ad eventi di tipo alluvionale successivi a una probabile frequentazione di età romana testimoniata da un livello di calpestio contenenti frammenti di laterizio. In considerazione delle labili tracce di frequentazione individuate, non si ravvedono elementi ostativi alla realizzazione della stazione in progetto e si esprime parere di competenza favorevole all'intervento a condizione gli scavi dell'area siano eseguiti con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili.

i) Pozzo PMO (sondaggi PMO 1-2)

Il manufatto verrà realizzato in Lungo Dora Firenze all'altezza di via Modena, sul margine del terrazzo fluviale della Dora e in area caratterizzata da rinvenimenti di carattere funerario afferenti all'età romana (in particolare tomba a camera integra rinvenuta nel 1927 in via Modena 25) e ubicata a media distanza dai rinvenimenti del Centro Direzionale Lavazza. Durante l'assistenza archeologica alle indagini geognostiche, in corrispondenza del carotaggio SA-D08, lungo Dora Firenze angolo via Modena, erano stati inoltre messi in luce alcuni mattoni legati da malta e disposti di piatto, che parevano riferibili ad elementi

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

strutturali, forse collegati ai vicini margini del fiume. I sondaggi hanno tuttavia rilevato la pertinenza di tali elementi a ingenti livelli di riporto moderni, probabilmente connessi alla realizzazione degli argini della Dora. Ritenendo che l'esito dei sondaggi abbia abbattuto in modo sostanziale il livello di rischio archeologico, si esprime parere di competenza favorevole all'intervento senza ulteriori condizioni.

j) Pozzo EMO (sondaggio EMO 1)

L'area di intervento si colloca sul ciglio attuale del terrazzo della Dora lungo l'asse di Lungo Dora Siena, in un settore indicato a rischio medio soprattutto in relazione alla prossimità rispetto alla lunetta di sinistra delle fortificazioni urbane esterne, probabilmente realizzata prevalentemente in terra, per le quali non è attestata, ma non può essere del tutto esclusa, la presenza di gallerie di contromina. Poiché l'indagine archeologica è stata impedita dalla fittissima trama di sottoservizi individuata già a quote superficiali e considerata anche la possibilità di individuazione di strutture d'argine, canali ecc., si esprime parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che gli scavi dell'area siano eseguiti con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili.

k) Stazione Mole Giardini Reali (sondaggi MOLE 1-4)

L'area è da considerarsi a rischio archeologico alto per la prossimità rispetto alla faccia destra della controguardia esterna al bastione San Maurizio e per la possibile presenza di aree di sepoltura romane e tardoantiche, individuate in passato presso il sottopasso di Piazza della Repubblica. Una sequenza stratigrafica significativa è stata tuttavia messa in luce solo nel sondaggio 1, dove al di sotto di livelli di riporto recenti, sono stati individuati vari strati antropizzati, di cronologia compresa fra il XVIII e il XVII secolo ma comprendenti anche materiali ceramici residuali di età romana, indizio di una frequentazione antica. I restanti sondaggi sono stati drasticamente condizionati dalla presenza di sottoservizi che hanno imposto la sospensione degli scavi a quote superficiali. A causa della limitatezza dell'indagine archeologica preventiva svolta, il rischio archeologico non è stato significativamente abbattuto; si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che gli scavi dell'area siano eseguiti con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili.

l) Pozzo PCA (sondaggi PCA 1-3)

L'area di intervento è ubicata in via Virginio angolo via Verdi, in un settore stimato a rischio archeologico alto soprattutto in relazione alla prossimità rispetto agli assi di via Verdi/via Po, in uscita dalla porta decumana della città romana. A causa della fittissima trama di sottoservizi individuata, solo in corrispondenza del sondaggio 2 è risultato possibile l'approfondimento dello scavo fino a circa -3 m dal p.c., portando in luce strati di riporto di epoca postmedievale. Poiché il rischio archeologico non può tuttavia considerarsi totalmente abbattuto in conseguenza dell'esiguità dell'area indagata, si esprime parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che gli scavi dell'area siano eseguiti con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

m) Stazione Carlo Alberto (sondaggi Carlo Alberto 1-3)

Considerato l'alto livello di rischio archeologico, l'area è stata oggetto di indagini preventive a partire dall'elaborazione del PFTE, quando due ampi sondaggi, identificati rispettivamente come A (nord) e B (sud), sono stati realizzati all'interno dei quadranti a verde nordorientale e sudoccidentale della piazza, evitando lo sconvolgimento dell'attuale pavimentazione e dell'assetto dei sottoservizi ma ottenendo, nel contempo, una mappatura significativa della stratificazione della zona.

Sebbene l'area sia ubicata all'esterno della cinta muraria di età romana, che corre circa 160 m più a ovest, la frequentazione a partire da quell'epoca è risultata testimoniata dalla realizzazione di canalizzazioni per lo smaltimento e l'irreggimentazione delle acque. Nelle fasi successive la presenza umana appare invece più sporadica: i livelli limoso-argillosi che sigillano le fasi romane e sembrano perdurare per tutto il medioevo suggeriscono infatti che la zona, esposta a eventi alluvionali, abbia subito un parziale impaludamento, riscontrato peraltro in altre parti della città di poco esterne alla cinta romana, come nella vicina piazza San Carlo.

Le esigenze di espansione della città di Torino, attestate dalle vicende storiche posteriori al XVI secolo, sono inoltre documentate da ingenti riporti da collocare cronologicamente tra XVII e XVIII secolo, aventi la duplice funzione di bonificare e al contempo livellare questo spazio, destinato a diventare il giardino del Palazzo Carignano, del quale sono state rinvenute le strutture di delimitazione a nord e a sud.

Gli ulteriori sondaggi in corrispondenza delle scale di uscita della stazione su via Cesare Battisti e via Carlo Alberto, disposti nel corso della progettazione definitiva in considerazione della prossimità ai siti di rinvenimento di edifici suburbani romani e sepolture tardoromane indagati anche di recente, non hanno potuto essere realizzati a causa della fittissima rete di sottoservizi intercettata.

Le indagini descritte, seppur limitatamente ai settori indagati, si sono spinte in profondità fino al raggiungimento dei livelli di ghiaia naturale, esaurendo la stratigrafia individuata senza condurre all'individuazione di giacimenti o strutture archeologiche la cui presenza sia da considerarsi ostativa alla realizzazione del progetto; esse consentono inoltre una parziale mitigazione dell'indice di rischio archeologico stimato anche per le restanti parti della piazza, rendendo, ad esempio, più improbabile l'estensione a quest'area della necropoli parzialmente scavata sotto Palazzo Carignano. Risulta tuttavia probabile che l'intera area si riveli comunque interessata da una sequenza stratigrafica articolata, che dovrà essere interamente scavata con metodologia archeologica.

Si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che:

- venga inserita nel progetto esecutivo la progettazione dello scavo stratigrafico estensivo dell'intera piazza fino al raggiungimento dei livelli sterili;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- -gli scavi in corrispondenza dei settori d'uscita delle scale in via Carlo Alberto e via Cesare Battisti vengano eseguiti sotto costante assistenza archeologica, a partire dallo spostamento dei sottoservizi e dallo scotico iniziale e fino al raggiungimento dei livelli sterili.

n) Pozzo PPN (sondaggio PPN 1).

L'intervento è ubicato in via Teofilo Rossi, in area stimata a rischio medio-basso, in quanto, benché prossima alla città romana e ai rinvenimenti effettuato nell'adiacente piazza San Carlo (nucleo abitativo suburbano di età romana, con annessa area di necropoli), già sconvolta dalla presenza della realizzazione di un parcheggio sotterraneo. L'indagine preventiva non ha portato all'individuazione di giacimenti o strutture archeologiche conservate, ma di una fitta trama di murature riferibili ai vani cantinati degli edifici settecenteschi demoliti a partire dagli anni '30 del secolo scorso per la realizzazione della via Teofilo Rossi, che ha diviso in due parti un isolato originariamente unitario.

Non si ravvisano, per quanto di competenza archeologica, motivi ostativi rispetto alla realizzazione dell'intervento in oggetto e si esprime pertanto parere favorevole e condizione che gli edifici interferenti vengano estensivamente messi in luce e documentati prima della realizzazione del pozzo.

o) Stazione Porta Nuova (sondaggio porta Nuova 1 e indagini MASW).

L'area, considerata a rischio medio-alto soprattutto per la possibilità di rinvenimento di tombe isolate o piccoli nuclei necropolari, in associazione con il ruolo svolto fin dall'antichità dall'asse viario in uscita dalla città ricalcato dall'attuale via Nizza, presentava inoltre un indice di rischio archeologico molto alto per la possibile interferenza marginale, in corrispondenza dell'estremità dei rami da mina terminali, con i resti di una galleria sotterranea, di profondità stimata fra 6 e 7 metri, appartenente al sistema di contromina della piazza d'armi sinistra della mezzaluna di Porta Nuova.

Il sondaggio 1, eseguito in due tratti a causa della scarsa disponibilità di spazio per lo stoccaggio del materiale rimosso, ha condotto all'individuazione di una stratigrafia costituita da riporti moderni sovrapposti a limi argillosi scarsamente antropizzati, in probabile relazione con canali e aree caratterizzate dal ristagno d'acqua. Pur considerando le dimensioni ridotte dell'area interessata dal sondaggio rispetto a quella della stazione in progetto, si ritiene che l'indagine abbia condotto a una parziale mitigazione del rischio archeologico stimabile, per quanto riguarda le stratigrafie "di superficie"

Per quanto riguarda invece il rischio archeologico connesso alla possibile interferenza con le gallerie di contromina, in seguito al fallimento di un tentativo di progettazione di indagini di tipo diretto, rivelatesi impraticabili in considerazione della limitatezza delle aree disponibili e della fitta presenza di dorsali impiantistiche e sottoservizi, che non hanno consentito l'esecuzione sondaggi di larghezza iniziale compatibile con le quote da raggiungere (vd. Comunicazione Systra del 06/02/2019 assunta agli atti della Soprintendenza con prot, 2001

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

del 06/02/2019), il tentativo di verifica mediante esecuzione di indagini MASW 2D ha consentito di identificare due anomalie il cui confronto con i dati di carattere topografico permette di ipotizzare, con notevole grado di verosimiglianza, la corrispondenza con il tracciato della galleria, ubicata a una profondità compresa tra 7 e 8 metri dal p.c., con altezza di circa 2 metri e larghezza compresa tra 1,5 e 2 metri.

Sebbene la natura delle anomalie induca a ipotizzare che la galleria sia in parte crollata e riempita da detriti, su richiesta dell'Ufficio scrivente è stato prodotto ad integrazione della progettazione definitiva l'elaborato progettuale 09_MTL2T1A0DZooSPNR001-00 (ELABORATI GENERALI Stazione Porta Nuova Valutazione della potenziale interferenza con le gallerie sotterranee Relazione illustrativa) illustrativo delle opzioni di indagine diretta da realizzarsi in corso d'opera, ma preliminarmente all'esecuzione delle lavorazioni di scavo della stazione vera e propria, e gli eventuali scenari di valorizzazione in situ in relazione alle condizioni conservative.

In considerazione di quanto illustrato, si esprime parere di competenza favorevole all'intervento a condizione che gli scavi dell'area siano eseguiti con assistenza archeologica in corso d'opera fino al raggiungimento dei livelli sterili e che vengano anticipate alle prime fasi di lavorazione tutte le indagini esperibili per arrivare ad accertare esatta posizione, estensione e stato di conservazione dei tratti di gallerie interferiti, rammentando che tali indagini dovranno essere definite nel dettaglio ed autorizzate dall'Ufficio scrivente prima della realizzazione.

p) Stazione Pastrengo (sondaggi Pastrengo 1-1)

I sondaggi, ubicati in corrispondenza di un'area ad indice di rischio archeologico inizialmente stimato medio-basso, hanno condotto all'individuazione, al di sotto dei riporti moderni, di strati archeologicamente sterili già a quota di -1m circa dal p.c..

Si ritiene che, nonostante la parzialità dell'indagine svolta, il rischio archeologico risulti significativamente abbassato e si esprime pertanto parere di competenza favorevole all'intervento senza ulteriori prescrizioni.

Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e SABAP.

27.3.2.9 Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo

50. gli interventi compensativi dovranno essere realizzati in anticipazione o al massimo in contemporanea all'esecuzione degli abbattimenti e andranno concordati con la Divisione Verde e Parchi e con le Circoscrizioni territorialmente competenti, in modo da minimizzare disagi e malcontento della popolazione residente (Città di Torino) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;
51. gli interventi sul verde esistente e di progetto, con particolare riferimento agli abbattimenti, dovranno essere oggetto di una specifica campagna di comunicazione ad opera del proponente, concertata con la Città (Città di Torino) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.3.2.10 Rumore - Monitoraggio acustico

52. sarà necessario, nelle aree ritenute critiche, adottare preventivamente opportune azioni di mitigazione e monitoraggi mirati, al fine di evitare eventuali problematiche di disturbo nei confronti dei ricettori maggiormente esposti (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente
53. dovrà essere condotto uno specifico monitoraggio acustico sia per le attività di cantiere sia per la fase di esercizio, ricomprendendo la fase di ante operam, in corso d'opera e in fase di esercizio. Il piano di monitoraggio dovrà essere concordato con ARPA con un congruo tempo prima dell'inizio dei lavori per permettere di definire/realizzare il monitoraggio ante operam; Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.2.11 Agricoltura, Uso del suolo

54. prima dell'avvio dei lavori, deve essere predisposto un piano di intervento rapido per il contenimento e l'assorbimento di eventuali sversamenti accidentali nelle aree di cantiere. (Regione Piemonte) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino, ARPA e Regione Piemonte;

27.3.2.12 Geotecnica:

Il progetto definitivo contiene indagini e studi geologici e geotecnici, e in particolare la Sezione Subsidenze Presidio e Monitoraggi è dedicata allo studio dei potenziali cedimenti, al monitoraggio dei terreni e degli edifici e alle eventuali azioni correttive. Stante quanto sopra, si raccomanda di:

55. ideare un sistema di diffusione dei dati di monitoraggio dei cedimenti così come prefigurato dagli elaborati progettuali; (Regione Piemonte - Geotecnica e sismica) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e Settore Geologico della Regione Piemonte;
56. in considerazione del fatto che nell'evoluzione di una piana fluvioglaciale possono esservi localmente accumuli di materiale fine dalle caratteristiche geotecniche completamente diverse, anche non individuabili attraverso l'attuale campagna di indagini, pianificare eventuali correttivi agli interventi previsti qualora venissero intercettati tali livelli sia dal punto di vista geotecnico che idrogeologico; (Regione Piemonte - Geotecnica e sismica) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e Settore Geologico della Regione Piemonte;

27.3.2.13 Gestione dei materiali da scavo da TBM EPB

57. Prima dell'inizio dei lavori di scavo con TBM EPB dovrà essere acquisito il parere dell'ISS di cui all'allegato 4 del DPR 120/17, senza il quale la gestione dei materiali deve essere intesa come assoggettata al regime dei rifiuti e non a quello dei sottoprodotti.

Le previsioni progettuali del sito di deposito intermedio dovranno essere adattate alle indicazioni del parere dell'ISS.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.3.2.14 Siti di destinazione finale

58. L'utilizzo delle terre e rocce da scavo in regime di sottoprodotto per la realizzazione di recuperi, ripristini, rimodellamenti, in un sito di destinazione finale potrà avvenire solo a condizione che siano stati preventivamente ottenuti i titoli autorizzativi necessari allo scopo; in assenza di tali autorizzazioni il conferimento di materiali da scavo presso il sito di destinazione finale non potrà avvenire in regime di sottoprodotto. (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: ARPA Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
59. In relazione a quanto previsto dall'allegato 4 del DPR 120/17, presso il sito di destinazione finale indicato, deve essere presente oltre all'impianto per le operazioni di normale pratica industriale anche l'impianto per la produzione dei prodotti e/o manufatti merceologicamente ben distinti dalle terre e rocce da scavo e che comporti la sostanziale modifica delle loro caratteristiche chimico fisiche iniziali. (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
60. Ai fini della tracciabilità dei flussi di materiali da scavo dovrà essere predisposta la condivisione di una piattaforma web nella quale siano periodicamente resi disponibili per la consultazione le informazioni inerenti gli esiti della caratterizzazione in corso d'opera, i volumi prodotti, i siti di produzione, i formulari di trasporto, i volumi conferiti presso i siti di destinazione finale, ecc. (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.2.15 Caratterizzazione in corso d'opera

61. Prima dell'avvio dei lavori dovranno essere esplicitate e concordate le modalità di campionamento delle terre e rocce da scavo prodotte dalla TBM EPB, secondo il criterio delle maglie regolari proposto in funzione dell'organizzazione finale del cantiere attinente gli scavi della tratta con TBM EPB.

(ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente.

27.3.3 Termine per la verifica di ottemperanza: IN CORSO D'OPERA (dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento)

27.3.3.1 Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo

62. le aree di cantiere, alberi compresi, saranno date in carico ai proponenti che dovranno garantire le cure necessarie nel periodo di realizzazione dell'opera (potature programmate o rese necessarie dall'opera o da necessità di sicurezza per l'utenza, controlli di stabilità e VTA, ecc, secondo gli standard della Città di Torino) nel rispetto di quanto previsto dal vigente Regolamento n. 317 e previa autorizzazione e supervisione della Divisione Verde e Parchi (Città di Torino) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

27.3.3.2 Acque sotterranee:

63. qualora per l'attività di cantiere fosse necessario un approvvigionamento al di fuori dell'acquedotto, lo stesso dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Città

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Metropolitana - Dipartimento Ambiente e Vigilanza Ambientale. Anche l'utilizzo di eventuali acque di infiltrazione della falda nella galleria dovrà essere oggetto alla preventiva autorizzazione (parere OTC); Soggetto preposto alla Verifica: Città Metropolitana di Torino;

64. si richiede un approfondimento in merito alla tematica delle acque di venuta e delle acque di aggotamento, definendone nel dettaglio la natura, il loro utilizzo e le modalità di smaltimento, in quanto le stesse andranno raccolte e smaltite in modo separato rispetto alle acque di lavaggio e/o lavorazione (parere OTC) Soggetto preposto alla Verifica: Città Metropolitana di Torino;

27.3.3.3 Geostrutture energetiche

65. al fine di monitorare gli effetti indotti dalla realizzazione delle geo-strutture energetiche, acquisito l'aggiornamento dello studio del politecnico citato al punto 43, si dovrà:

a) proseguire il monitoraggio sito specifico posto a valle del tratto Carlo Alberto-Porta Nuova tra la galleria e gli impianti esistenti. Il monitoraggio dovrà protrarsi successivamente alla messa in esercizio delle geo-strutture energetiche per un periodo pari ad quinquennio salvo diversa indicazione che potrà emergere nel corso delle verifiche di ottemperanza di cui al D.lgs. 152/2006 e smi.

La temperatura dell'acqua di falda dovrà essere misurata, attraverso un sistema dotato di sensori termometrici aventi risoluzione minima di 0.1 °C, in almeno tre punti all'interno del tratto saturo dell'acquifero a profondità tali da essere rappresentative della stratificazione termica delle acque. Il piezometro dovrà essere fenestrato lungo tutto il tratto saturo dell'acquifero ed esteso almeno un metro al di sopra dell'escursione massima della falda (continuazione monitoraggio) (Regione Piemonte - Prescrizione ambientale n. 3) Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente (ARPA, Città di Torino, Città metropolitana di Torino, Regione Piemonte);

27.3.3.4 Atmosfera

66. dovranno essere effettuate in fase di Corso d'Opera le misure in continuo con l'analizzatore Real Time, e concordato preventivamente con Arpa il punto di monitoraggio (ARPA). Soggetto preposto alla verifica Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
67. La determinazione degli IPA e metalli nel particolato atmosferico dovrà essere condotta su tutti i filtri della campagna di misura, alternando i filtri da destinare alla ricerca dei metalli con quelli per la determinazione degli IPA. La determinazione del Biossido di Azoto e del Benzene, prevista mediante campionatori diffusivi, dovrà essere condotta installando i campionatori in duplicato/triplicato per valutare la riproducibilità della determinazione. (ARPA). Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;
68. per quanto riguarda la restituzione dei dati Post Operam, si richiede di caricare i dati sul Sistema Regionale di Rilevamento della qualità dell'aria (Ariaweb) con tempistiche da concordare con Arpa, dati riferibili sia ante operam, sia in corso d'opera ovvero all'intera durata di cantiere sia per la durata del monitoraggio prevista per i successivi 5 anni

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

dall'avvio in esercizio (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente;

27.3.4 Termine per la verifica di ottemperanza: POST OPERAM

27.3.4.1 Tutela della salute

69. sia consegnato il report dell'attività di Monitoraggio Sanitario, in riferimento allo Studio Epidemiologico, preventivamente approvato concordato con l'ASL nei suoi contenuti e presentato all'ASL e alla Città di Torino dopo l'ultimazione dei lavori, e continuazione del monitoraggio nel periodo successivo all'avvio dell'esercizio indicato nel Piano di Monitoraggio) (parere OTC) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e ASL;

27.3.4.2 Acque sotterranee:

70. al fine di monitorare gli effetti indotti dalla realizzazione delle opere in progetto (continuazione del monitoraggio per 5 anni oltre fine lavori) dovranno essere:
- a) predisposti tre sistemi di monitoraggio sito specifici, (Deposito/Officina e stazione Rebaudengo, Edificio E 75, tratto tra Pozzo Novara e Stazione Corelli) dotati di un numero sufficiente di piezometri in grado di misurare gli effetti indotti dalle opere in progetto sulla falda freatica (i piezometri dovranno attestarsi ad una quota consona con la B.A.S. come identificata dalla dgr n. 34-11524 del 3 giugno 2009 e smi) (continuazione del monitoraggio per 5 anni oltre fine lavori) (Regione Piemonte - Prescrizione ambientale n. 2) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente e coordinato dal Settore regionale Tutela ed Uso sostenibile delle Acque con Arpa Piemonte;

27.3.4.3 Atmosfera:

71. dovrà essere condotta su tutti i filtri della campagna di misura la determinazione degli IPA e metalli nel particolato atmosferico, alternando i filtri da destinare alla ricerca dei metalli con quelli per la determinazione degli IPA. La determinazione del Biossido di Azoto e del Benzene, prevista mediante campionatori diffusivi, dovrà essere condotta installando i campionatori in duplicato/triplicato per valutare la riproducibilità della determinazione (conclusione monitoraggio a 5 anni dalla chiusura dei lavori) (ARPA) Soggetto preposto alla Verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente

27.3.4.4 Paesaggio:

72. si dovrà garantire un monitoraggio delle nuove alberature, verificandone l'attecchimento in un congruo periodo di tempo; qualora alcuni dei nuovi esemplari dovessero presentare problematiche di crescita e adattamento, si dovrà procedere con la loro sostituzione e la successiva messa a dimora di ulteriori nuovi esemplari (SABAP) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino e SABAP;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.3.4.5 Tutela e valorizzazione delle aree a verde e del patrimonio arboreo

73. si richiede che a fine lavori, nell'ambito della restituzione delle aree alla Città, il proponente fornisca una relazione fitostatica dei singoli esemplari arborei, redatta da professionisti abilitati e conforme agli standard adottati dalla Divisione Verde e Parchi, anche per quanto riguarda il caricamento sul webgis alberate, in merito alle condizioni biomeccaniche e con specifico riferimento all'impatto delle lavorazioni eseguite (Città di Torino) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

27.3.4.6 Rumore e vibrazioni

74. Si fa presente fin da ora, che per entrambe le componenti nella fase di "Post Operam", per le quali sembra prevista una sola campagna di monitoraggio, sarà necessario, nelle aree ritenute critiche, adottare preventivamente opportune azioni di mitigazione e monitoraggi mirati, al fine di evitare eventuali problematiche di disturbo nei confronti (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente

27.3.4.7 Acustica

75. Nelle fasi autorizzative dovrà essere previsto entro trenta giorni precedenti l'inizio dell'esercizio delle attività, un collaudo acustico strumentale (parere reso da OTC) Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino;

27.3.4.8 Vibrazioni

76. per il PMA relativo al monitoraggio della componente vibrazioni, vista la dislocazione generale dei punti (n. 13), si rimane in attesa dell'esatto posizionamento e delle frequenze di monitoraggio nella fase di corso d'opera. (ARPA) Soggetto preposto alla verifica: Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente

27.3.5 Termine per la verifica di ottemperanza: PRIMA DELLA MESSA IN ESERCIZIO DELL'OPERA

27.3.5.1 CAM

77. Ai fini dell'approvazione del collaudo sarà necessario acquisire la documentazione che attesti il rispetto dei CAM con il dettaglio dei criteri contrattuali assunti ed applicati. Soggetto preposto alla verifica: Città di Torino.

27.4 AUTORIZZAZIONI, INTESI, CONCESSIONI, LICENZE, PARERI, CONCERTI, NULLA OSTA E ASSENSI COMUNQUE DENOMINATI, NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE E ALL'ESERCIZIO DEL MEDESIMO PROGETTO, E RELATIVE CONDIZIONI E PRESCRIZIONI (ESCLUSE LE CONDIZIONI AMBIENTALI DEL PROCEDIMENTO DI VIA)

Nella riunione conclusiva del 5/9/2023 (con prosecuzione al 8/9/2023) la Conferenza dei Servizi ha preso atto, in base al combinato disposto dell'art. 14-ter comma 7 della L. n. 241/1990 e dell'art. 27 bis del D.Lgs. n. 152/2006, in merito alle autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri, concerti, nulla osta e assensi comunque denominati, necessari alla realizzazione e all'esercizio del medesimo progetto, si considera acquisito l'assenso senza condizioni dei soggetti coinvolti il cui rappresentante non abbia partecipato alle riunioni ovvero, pur partecipandovi, non abbia espresso ai sensi dell'art. 14-ter comma 3 della L. n. 241/1990 la propria posizione, ovvero abbia espresso un dissenso non motivato o riferito a questioni che non costituiscono oggetto della Conferenza.

Richiamata l'istanza di PAUR prot. n. 10946 del 05/12/2022 e l'allegato elenco dei soggetti coinvolti (Allegato n. 1) e delle autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri, concerti, nulla osta e assensi comunque denominati, necessari alla realizzazione e all'esercizio del medesimo progetto, la Conferenza di Servizi:

- prende atto dei contributi pervenuti dai seguenti soggetti coinvolti, e ne conferma la validità quale assenso necessario alla realizzazione e all'esercizio del medesimo progetto;
- prende atto che gli altri soggetti coinvolti non hanno partecipato alle riunioni o pur partecipandovi non hanno espresso la propria posizione e DICHIARA acquisito l'assenso senza condizioni degli stessi soggetti in riferimento al sopra citato elenco di autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri, concerti, nulla osta e assensi comunque denominati, necessari alla realizzazione e all'esercizio del medesimo progetto;
- prende atto dell'elenco degli elaborati progettuali dell'istanza di PAUR (Allegato n. 2).

27.4.1 Autorizzazione spostamento Beni Culturali

27.4.1.1 Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio

Autorizzazione allo spostamento temporaneo del Monumento a Carlo Alberto (traslazione, ricollocazione e restauro) ai sensi dell'art 21 della Parte II del D. lgs 42/2004 e s.m.i. (nota prot. 8184 del 25/07/2023).

27.4.2 Parere esecuzione opere su immobili ed aree di interesse paesaggistico

27.4.2.1 Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio

Parere favorevole ai sensi dell'art. 146 della Parte III del D.Lgs 42/2004 e s.m.i. all'esecuzione delle opere su immobili ed aree di interesse paesaggistico così come descritte negli elaborati

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

progettuali alle vincolanti condizioni anche riportate nel presente provvedimento (nota prot. 8184 del 25/07/2023).

27.4.3 Compatibilità paesaggistica delle opere

27.4.3.1 Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio

Verificata la conformità di massima del progetto in questione con il Piano Paesaggistico Regionale approvato dal Consiglio Regionale con deliberazione n. 233-35836 del 3 ottobre 2017 e valutata la compatibilità paesaggistica delle opere proposte (nota prot. 8184 del 25/07/2023)

27.4.4 Interferenze dell'opera con TPL

GTT S.p.A. - parere condizionato: siano recepite le indicazioni espresse da GTT S.p.A. in merito alle interferenze con i sottoservizi GTT, la rete tramviaria e le necessarie modifiche e deviazioni delle linee automobilistiche (osservazioni in fase di adeguatezza prot. 1744 del 20/2/2023);

27.4.5 Progetto di Prevenzione Incendi - Linea Metropolitana

Comando Provinciale Vigili del Fuoco di Torino (fascicolo n. 65161) Metropolitana automatica linea 2 Rebaudengo - Politecnico; attività:

- 78.1.C Aerostazioni, staz. ferroviarie e marittime, con sup. > 5000 mq; metropolitane

Parere di conformità favorevole, a condizione che i lavori siano eseguiti secondo quanto illustrato nella documentazione tecnica allegata e nel rispetto delle vigenti norme e criteri tecnici di sicurezza, ancorché non

espressamente richiamati negli elaborati e alle condizioni ivi riportate da attuare in fase di presentazione della SCIA (prot. 8395 del 1/8/2023);

27.4.6 Progetto di Prevenzione Incendi - Deposito Officina Rebaudengo

Comando Provinciale Vigili del Fuoco di Torino (fascicolo n. 87045) Corso Venezia snc; attività:

- 53.4.C Officine riparazione materiale rotabile e aeromobili, superf. > 2000mq
- 49.3.C Gruppi elettrogeni e/o di cogenerazione con motori di potenza > 700 kW
- 75.6.C Depositi di mezzi rotabili al chiuso, con superficie superiore a 1000 mq
- 3.2.B Depositi di gas infiammabili compressi in recipienti (capacità da 0,75 a 10 mc)

Parere di conformità favorevole, a condizione che i lavori siano eseguiti secondo quanto illustrato nella documentazione tecnica allegata e nel rispetto delle vigenti norme e criteri tecnici di sicurezza, ancorché non espressamente richiamati negli elaborati e alle condizioni ivi riportate da attuare in fase di presentazione della SCIA (prot. 8395 del 1/8/2023).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

27.4.7 Elenco ulteriori pareri acquisiti nel PAUR

<i>TEMATICA</i>	<i>ENTE</i>	<i>AUTORIZZAZIONI</i>	<i>PARERE</i>	<i>Progettazione</i>	<i>Estremi Prot. ricezione</i>
VIA	Città di Torino -Servizio Adempimenti Tecnico Ambientali	Giudizio di compatibilità ambientale D. Lgs 152/2006	Favorevole con condizioni ambientali in Provvedimento conclusivo del PAUR	DEFINITIVA	
	Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del suolo, Protezione Civile, Trasporti e Logistica - Settore Infrastrutture strategiche	Parere D. Lgs 152/2006	favorevole con osservazioni e prescrizioni;	DEFINITIVA	n. 8320 del 31/07/2023
	Regione Piemonte - Territorio e Paesaggio - Valutazioni ambientali e procedure integrate	Parere D. Lgs 152/2006	favorevole con osservazioni e prescrizioni (parere contenuto nel parere della Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del suolo, Protezione Civile, Trasporti e Logistica - Settore Infrastrutture strategiche)	DEFINITIVA	n. 8320 del 31/07/2023
	Regione Piemonte - Area tutela delle acque	Parere D. Lgs 152/2006	favorevole con osservazioni e prescrizioni (parere contenuto nel parere della Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del suolo, Protezione Civile, Trasporti e Logistica - Settore Infrastrutture strategiche)	DEFINITIVA	n. 8320 del 31/07/2023
	Regione Piemonte - Direzione ambiente, energia e territorio	Parere D. Lgs 152/2006	favorevole con osservazioni e prescrizioni (parere contenuto nel parere della Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del suolo, Protezione Civile, Trasporti e Logistica - Settore Infrastrutture strategiche)	DEFINITIVA	n. 8320 del 31/07/2023
	Regione Piemonte - Servizio urbanistica Piemonte occidentale	Parere D. Lgs 152/2006	favorevole con osservazioni e prescrizioni (parere contenuto nel parere della Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del suolo, Protezione Civile, Trasporti e Logistica - Settore Infrastrutture strategiche)	DEFINITIVA	n. 8320 del 31/07/2023
	Città Metropolitana di Torino - Dipartimento territorio, edilizia e viabilità urbanistica e copianificazione	Parere D. Lgs 152/2006	(acquisito assenso senza condizioni ai sensi dell'art.14ter comma 7 L.241/90)	DEFINITIVA	
	Città Metropolitana di Torino - Dipartimento ambiente e vigilanza ambientale	Parere D. Lgs 152/2006	favorevole con osservazioni e prescrizioni	DEFINITIVA	n. 8319 del 31/07/2023
	Agenzia per la Mobilità Metropolitana	Parere D. Lgs 152/2006	(acquisito assenso senza condizioni ai sensi dell'art.14ter comma 7 L.241/90)	DEFINITIVA	

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

TEMATICA	ENTE	AUTORIZZAZIONI	PARERE	Progettazione	Estremi Prot. ricezione
	ARPA Piemonte	Parere D. Lgs 152/2006	favorevole con osservazioni e prescrizioni (e quanto acquisito dalla C.d.S. nel corso della 3a riunione in data 08/09/2023)	DEFINITIVA	n. 9329 del 06/09/2023
	Città Metropolitana di Torino - Direzione risorse idriche e tutela dell'atmosfera	Autorizzazione convogliamento acqua fredda D. Lgs 152/2006	Verificato in C.d.S., non è titolo abilitativo da acquisire		
	MIBACT- Soprintendenza Archeologica belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Torino	Parere vincolante alla Procedura di VIA (Autorizzazione paesaggistica) art. 146 del D. Lgs 42/2004 (codice dei beni culturali e del paesaggio)	favorevole con osservazioni e prescrizioni	DEFINITIVA	n. 8184 del 25/7/2023 e n. 9226 del 1/9/2023
ACQUE	AIPO- Agenzia Interregionale per il Fiume Po	Parere di compatibilità idraulica ex R.D. 523/1904	favorevole con osservazioni e prescrizioni	DEFINITIVA	n. 7201 del 30/06/2023 e n. 9273 del 06/09/2023
SUPERFICI ALI	AIPO- Agenzia Interregionale per il Fiume Po	Parere su sottopasso	favorevole	DEFINITIVA	n. 7201 del 30/06/2023 e n. 9273 del 06/09/2023
	Regione Piemonte- Direzione Opere pubbliche Difesa del suolo Protezione Civile, Trasporti e Logistica	Autorizzazione idraulica	Verificato in C.d.S., non è titolo abilitativo da acquisire		
VINCOLO IDROGEOLOGICO	Regione Piemonte- Direzione Opere pubbliche Difesa del suolo Protezione Civile, Trasporti e Logistica	Nulla osta vincolo idrogeologico ex R.D. n. 3267/1923, R.D. 1126/1926,	Verificato in C.d.S., non è titolo abilitativo da acquisire	DEFINITIVA	
ARCHEOLOGIA	MIBACT- Soprintendenza Archeologica belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Torino	Parere su verifica preventiva dell'interesse archeologico artt.95- 96 .Lgs.163/2006	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 8184 del 25/07/2023 e n. 9226 del 1/9/2023
PREVENZIONE INCENDI	Comando Provinciale VVF	ex art. 3 del DPR 151/2011	Parere di conformità favorevole con condizioni	DEFINITIVA	n. 8395 del 1/8/2023
URBANISTI CA	Città di Torino - Divisione Urbanistica	Parere urbanistico edilizio	Favorevole	DEFINITIVA	n. 8089 del 24/07/2023
TERRE E ROCCE DA SCAVO	Regione Piemonte - Settore Cave, Polizia mineraria e miniere.	Autorizzazione ai siti destinati al deposito definitivo delle TRS rt. 10 della L.r. 23/2016, Disciplina Regolamento regionale n. 11/R del 2 ottobre 2017	D.D. n. 332 del 01/08/2023 di approvazione del "Piano di reperimento e gestione dei materiali litoidi occorrenti per la realizzazione Linea 2 della Metropolitana di Torino, Tratta Rebaudengo – Politecnico nel Comune di Torino" con prescrizioni	DEFINITIVA	n. 8479 del 03/08/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

TEMATICA	ENTE	AUTORIZZAZIONI	PARERE	Progettazione	Estremi Prot. ricezione
	ARPA Piemonte	Approvazione PUT (Piano di Utilizzo terre e rocce da scavo) (Riutilizzo in sito TRS) art. 24 del D.P.R. 120/2017.	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 7037 del 27/06/2023 e n. 9329 del 06/09/2023
	Regione Piemonte - Settore attività estrattive	Approvazione Piano di reperimento materiali litoidi art. 13 della L.r. 23/2016, Disciplina Regolamento regionale n. 11/R del 2 ottobre 2017	D.D. n. 332 del 01/08/2023 di approvazione del "Piano di reperimento e gestione dei materiali litoidi occorrenti per la realizzazione Linea 2 della Metropolitana di Torino, Tratta Rebaudengo – Politecnico nel Comune di Torino" con prescrizioni	DEFINITIVA	n. 8479 del 03/08/2023
INFRASTRUTTURE (TRAM, FERROVIE)	GRUPPO TORINESE TRASPORTI	Nulla osta per interferenze con linee di tramvie	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 1744 del 20/2/2023
	INFRATRASPORTI.TO	Nulla osta per interferenze con linee di tramvie	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	FERROVIE DELLO STATO ITALIANE S.P.A.	Nulla osta per interferenze con ferrovie	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	RETE FERROVIARIA ITALIANA - DIREZIONE COMPARTIMENTALE INFRASTRUTTURA TORINO	Nulla osta per interferenze con ferrovie	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 8785 del 11/8/2023
	FERSERVIZI S.P.A - ZONA NORD - OVEST SEDE DI TORINO - VIA SACCHI 7 - Torino - DISTACCAMENTO SERVIZI IMMOBILIARI	Nulla osta per interferenze con ferrovie	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
PUBBLICI SERVIZI	MINISTERO DELLA DIFESA - COMANDO MILITARE ESERCITO PIEMONTE	Nulla osta per interferenza con infrastrutture militari	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	AGENZIA DEL DEMANIO - DIREZIONE REGIONALE PIEMONTE E VALLE D'AOSTA	Nulla osta per interferenza con strutture demaniali	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

TEMATICA	ENTE	AUTORIZZAZIONI	PARERE	Progettazione	Estremi Prot. ricezione
	MINISTERO DELL'ISTRUZIONE - UFFICIO SCOLASTICO REGIONALE DEL PIEMONTE	Nulla osta per interferenze con strutture scolastiche	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	IREN SMART SOLUTIONS-IP - SEM - TLC	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	IREN ENERGIA TELERISCALDAMENTO	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	IRETI DISTRIBUZIONE ELETTRICA (AT MT BT)	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	ITALGAS DIREZIONE GENERALE	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 7042 del 27/6/2023 e n. 7850 del 17/7/2023
	SMAT	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	SNAM DISTRETTO NORD-OVEST	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	TIM	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	TERNA RETE ITALIA S.P.A.	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 7597 del 07/07/2023 e n. 8997 del 23/8/2023
	TRM S.P.A.	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	5T SRL	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	AMIAT	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 7807 del 14/07/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

TEMATICA	ENTE	AUTORIZZAZIONI	PARERE	Progettazione	Estremi Prot. ricezione
	ENEL S.P.A.	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	BT ITALIA S.P.A.	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	COLT TECHNOLOGY SERVICES S.P.A.	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	FASTWEB S.P.A. -Telecomunicazioni	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	FLASH FIBER	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	GRUPPO RETELIT S.P.A.	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	IRIDEOS S.P.A.	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	OPEN FIBER S.P.A. FIELD MANAGER NETWORK & OPERATIONS AREA TERRITORIALE NORD- OVEST	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	RAIWAY	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
	WIND TRE S.P.A. DIREZIONE TECHNOLOGY FIELD OPERATION NORTH WEST-	Nulla osta per interferenze con pubblici servizi	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	
ALBERATE	Comune di Torino - Divisione Verde e Parchi	Autorizzazione abbattimento alberi Regolamento del Verde Comune Torino	Favorevole con prescrizioni e osservazioni	DEFINITIVA	n. 8234 del 27/07/2023
BEALERE	Comune di Torino - Servizio Ponti, Vie d'Acqua e Infrastrutture	Nulla osta per interferenze con bealere	SILENZIO ASSENSO	DEFINITIVA	

27.4.8 Interferenze con PPSS (reti dei Pubblici Servizi):

1. in riferimento alla Rete distribuzione energia, nell'ambito della realizzazione di una berlinese in prossimità del previsto Deposito - Officina Rebaudengo. in micropali a protezione dell'elettrodotto in cavo interrato 220kV T.294 autorizzata a meno di 3 metri dall'elettrodotto stesso, prima dei lavori sarà necessario eseguire, a cura e spese del soggetto proponente, sotto la sorveglianza e supervisione Terna, degli scavi indagine per individuare l'esatta posizione della tubiera dell'elettrodotto in cavo (TERNA);
2. in riferimento alla Rete distribuzione GAS si richiede di attenersi alle prescrizioni tecniche riportate nel parere rilasciato da Italgas Reti di cui alla nota prot. 7042 del 27/06/2023. (Italgas).

27.4.9 Interferenze tra il nuovo tracciato della Metro Linea 2 e l'asset ferroviario

27.4.9.1 Per la stazione di Torino Porta Nuova:

3. seppur i bacini di subsidenza previsti per gli scavi in ambito stazione lato via Sacchi ("Pozzo Pastrengo") siano stati calcolati con determinati margini di cautela, è prevedibile vi sia un impatto non trascurabile con l'esercizio ferroviario (binari 19-20) oltre che con l'accesso dedicato alle emergenze ed ai mezzi di soccorso (via Sacchi civico 29); si suggerisce, pertanto, di esplorare, nell'ambito della successiva fase di progettazione esecutiva, la fattibilità di un'ipotesi di cantierizzazione e logistica alternativa, valutando, ad esempio, una movimentazione dei materiali per via ferroviaria anziché tramite trasporto su gomma; fatta salva la necessità di verificare tale ipotesi nel contesto della futura programmazione dei servizi e dei cantieri ferroviari nell'anno di riferimento della fase esecutiva dell'intervento in oggetto, si ritiene possibile prendere in considerazione a tal fine sia l'area ferroviaria della stazione di Torino Lingotto sia quella della località di Torino San Paolo; tale modalità operativa permetterebbe, tra l'altro, di evitare deviazioni/modifiche a livello della viabilità urbana su via Sacchi, indispensabili per garantire la fruibilità dell'accesso di emergenza e l'alimentazione stessa dell'area di cantiere; in ogni caso, inoltre, occorrerà garantire, per l'intera durata dei lavori, il passaggio pedonale dal marciapiede di stazione del binario 20 all'area di parcheggio aziendale con accesso da via Sacchi 61;
4. le lavorazioni previste in ambito stazione lato via Nizza ("Pozzo di Servizio PS-GT6") impattano direttamente con l'esercizio ferroviario sui binari 1 e 2 di Torino Porta Nuova, oltre che con l'accesso dedicato alle emergenze ed ai mezzi di soccorso di via Nizza 14; si suggerisce, pertanto, di esplorare, nell'ambito della successiva fase di progettazione esecutiva, la fattibilità dell'ipotesi alternativa di realizzazione del tunnel di servizio che prevede l'utilizzo dell'ex bunker bellico ubicato nei pressi della stessa area, evitando totalmente gli scavi previsti in corrispondenza dei binari per il "Pozzo di Servizio PS-GT6"; tale modalità operativa permetterebbe al tempo stesso di garantire la fruibilità dell'accesso di emergenza e di ottimizzare l'indisponibilità dei binari;
5. per entrambi i pozzi previsti in progetto ("Pozzo Pastrengo" e "Pozzo di servizio PS-GT6"), una volta approfondite maggiormente le modalità operative, andranno recepiti nel PSC i

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- rischi specifici ferroviari con evidenza delle possibili attività interferenti con l'esercizio ferroviario, da analizzare nel rispetto dell'Istruzione per la Protezione dei Cantieri di RFI;
6. si ribadisce l'esistenza di un progetto, al momento in fase di studio preliminare, che prevede la realizzazione di nuovi binari per il ricevimento di treni passeggeri nei pressi del varco di via Nizza 14 (per scambio intermodale con la fermata Marconi della Linea 1 della metropolitana) con trasformazione del tratto in cui è previsto il "Pozzo di servizio PS-GT6" in passaggio pedonale a servizio dei viaggiatori e realizzazione di un nuovo sottopasso trasversale a tutti i binari della stazione, con orizzonte temporale, ad oggi, al 2027;
 7. per quanto riguarda le opere che vedranno interessati i fasci dei binari in esercizio di RFI in stazione di Torino Porta Nuova, occorrerà verificare che i cedimenti di progetto siano compatibili non solo con i limiti previsti dalle normative che riguardano l'armamento ferroviario (considerando anche quelli relativi ai deviatori, oltre che ai binari), ma anche con quelli imposti dai dispositivi tecnologici ad esso collegati e necessari per l'esercizio in sicurezza degli impianti di segnalamento ferroviario (ad esempio: le casse di manovra elettrica dei deviatori); ciò al fine di non pregiudicare la normale funzionalità di tali apparati, scongiurando pesanti ripercussioni sulla regolarità della circolazione ferroviaria;
 8. preso atto dei bacini di subsidenza previsti, ad esempio, nelle fasi di realizzazione dei due pozzi sopra elencati, le soglie dei sistemi di monitoraggio di cui è prevista l'installazione sul piazzale della stazione di Torino Porta Nuova dovranno essere concordate con RFI, così come dovrà esserne verificata la piena compatibilità con gli impianti ferroviari in esercizio; l'eventuale previsione in progetto di limitazioni all'esercizio ferroviario, quale misura per la compatibilizzazione delle fasi di realizzazione dei consolidamenti e degli scavi per i pozzi e la galleria, dovrà essere generalmente evitata e comunque preventivamente sottoposta, con il preavviso disciplinato dalle norme in vigore, a valutazione delle competenti strutture di RFI;
 9. si suggerisce, considerato il notevole numero di fabbricati e asset ferroviari interessati dai potenziali cedimenti, in accordo a quanto previsto dal MdP RFI OOCC Parte IV §4.10.8, di sottoporli (prima dell'inizio lavori) a testimoniale di stato, al fine di certificare lo stato "ex quo ante";
 10. con riferimento al piano di monitoraggio si specifica che dovrà essere elaborato in accordo a quanto previsto dal MdP RFI OOCC, prevedendo un accesso ai dati di monitoraggio anche al personale di RFI e/o del Gruppo FSI con responsabilità di gestione della regolarità e della sicurezza della circolazione ferroviaria;
 11. per tutte le aree oggetto di occupazione temporanea ricadenti su proprietà RFI andranno indicate le tempistiche previste di inizio e fine occupazione, in quanto, ricadendo tali aree nei perimetri interni destinati, principalmente e non esclusivamente, a parcheggio aziendale ed al transito dei fornitori dedicati ai servizi delle Imprese Ferroviarie, occorrerà organizzare le eventuali variazioni di programma compatibilmente con l'effettiva disponibilità dei binari e con l'offerta commerciale delle stesse;
 12. si fa presente che le aree di proprietà di RFI non possono essere sottratte alla loro destinazione senza il preventivo consenso di questa Società, così come previsto dall'art. 15 comma 2 della Legge n. 210/1985; per quanto concerne le lavorazioni previste nell'area

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

della stazione ferroviaria di Torino Porta Nuova, si specifica che per tutti gli interventi rientranti nella fascia di rispetto dei 30 metri dalla più vicina rotaia, nonché per l'attraversamento in sotterraneo dell'intero fascio binari di stazione, occorrerà ottenere rispettivamente le autorizzazioni ai sensi art. 60 e art. 58 del DPR 753/1980, preliminarmente all'avvio dei lavori, presentando a RFI apposite istanze di deroga nell'ambito della successiva fase relativa alla progettazione esecutiva; si rammenta che tali autorizzazioni potranno essere concesse, in casi specifici, previo procedimento istruttorio a cura dei competenti uffici territoriali di RFI.

27.4.9.2 Per la stazione di Rebaudengo Fossata:

13. si rende necessario un approfondimento in merito alle fasi di sviluppo del cantiere, in particolar modo alla realizzazione del collegamento tra la stazione Metro di Rebaudengo e il marciapiede del 2° binario (futuro 5°) dell'adiacente stazione ferroviaria con riferimento anche all'intervento in capo a RFI, attualmente già in fase esecutiva, di completamento del Fabbricato Viaggiatori della stessa con accessi previsti anche dalla banchina Est di corso Venezia;
14. una volta approfondite maggiormente le modalità operative, andranno recepiti nel PSC i rischi specifici ferroviari con evidenza delle possibili attività interferenti con l'esercizio ferroviario, da analizzare nel rispetto dell'Istruzione per la Protezione dei Cantieri di RFI;
15. si suggerisce, considerato l'impatto delle lavorazioni previste sugli asset ferroviari, in accordo a quanto previsto dal MdP RFI OOCC Parte IV §4.10.8, di sottoporli (prima dell'inizio lavori) a testimoniale di stato, al fine di certificare lo stato "ex quo ante";
16. si fa presente che le aree di proprietà di R.F.I. S.p.A. non possono essere sottratte alla loro destinazione senza il preventivo consenso di questa Società, così come previsto dall'art. 15 comma 2 della Legge n. 210/1985; per quanto concerne il tratto della nuova linea metro 2 da realizzarsi in affiancamento al passante ferroviario nell'area della stazione ferroviaria di Rebaudengo Fossata si specifica che, per tutti gli interventi rientranti nella fascia di rispetto dei 30 metri dalla più vicina rotaia, occorrerà ottenere l'autorizzazione ai sensi art. 60 del DPR 753/1980 preliminarmente all'avvio dei lavori presentando ad RFI apposita istanza di deroga nell'ambito della successiva fase relativa alla progettazione esecutiva; si rammenta che tale autorizzazione potrà essere concessa in casi specifici previo procedimento istruttorio a cura dei competenti uffici territoriali di RFI.

27.4.10 Elenco delle autorizzazioni da acquisire nelle fasi successive

27.4.10.1 Rifiuti

17. il progetto dovrà definire le caratteristiche delle opere fuori terra in modo da verificare le possibili interferenze con il servizio di raccolta rifiuti attualmente presente o di imminente realizzazione rispetto al transito dei mezzi di raccolta rifiuti e/o il posizionamento dei cassonetti su suolo pubblico oppure l'esposizione degli stessi da parte degli utenti (parere AMIAT rilasciato in fase di Verifica di assoggettabilità VAS della Variante PRG n. 333);

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

18. il progetto dovrà definire gli interventi di superficie per la realizzazione delle stazioni che potrebbero interferire con i servizi Amiat attualmente in atto, e per la corretta valutazione degli spazi utili al mantenimento dei servizi presenti (AMIAT).

27.4.10.2 Titoli per il sottoattraversamento del Fiume Dora Riparia:

19. dovranno essere ottenute l'Autorizzazione idraulica ex R.D. n. 523 del 25/07/04 da parte di AIPO e la Concessione demaniale ex L.R. 12/2004 e s.m.i. da parte di Regione Piemonte, Settore Tecnico Regionale - Città Metropolitana di Torino.

27.4.10.3 Elenco ulteriori pareri da acquisire nelle fasi successive

TEMATICA	ENTE	AUTORIZZAZIONI	PARERE	Progettazione	Estremi Prot. ricezione
	Città Metropolitana di Torino - Direzione risorse idriche e tutela dell'atmosfera	Autorizzazione fornitura acqua NON da acquedotto	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	PRIMA AVVIO ATTIVITÀ	in fase di specificazione n. 2512 del 21/9/2020
	Città Metropolitana di Torino - Direzione risorse idriche e tutela dell'atmosfera	Autorizzazione scarico acque lavaggio (cantiere) D. Lgs 152/2006	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	PRIMA AVVIO ATTIVITÀ	n. 8319 del 31/07/2023
AUA	Città Metropolitana di Torino - Direzione risorse idriche e tutela dell'atmosfera	Scarichi idrici D. Lgs 152/2006	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	PRIMA AVVIO ATTIVITÀ	n. 8319 del 31/07/2023
	SMAT	Autorizzazione scarico acque lavaggio (in fase di esercizio) D. Lgs 152/2006	titolo abilitativo da acquisire	PRIMA AVVIO ATTIVITÀ	
	Città Metropolitana di Torino – Direzione risorse idriche e tutela dell'atmosfera	AUA Scarichi idrici impianti geotermici a circuito aperto D. Lgs 152/2006	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	PRIMA AVVIO ATTIVITÀ	n. 8319 del 31/07/2023
	Città Metropolitana di Torino - Direzione risorse idriche e tutela dell'atmosfera	Autorizzazione per prelievo/scarico per geotermia D. Lgs 152/2006	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	n. 8319 del 31/07/2023
	Città Metropolitana di Torino - Direzione risorse idriche e tutela dell'atmosfera	Autorizzazione Unica Ambientale, comprensiva dell'Autorizzazione agli scarichi, dell'Autorizzazione ordinaria alle Emissioni in atmosfera e della Comunicazione/nulla osta in materia di impatto acustico D. Lgs ex D.P.R. 59/2013 (Art. 272 c. 3 del D.Lgs. 152/2006- Atmosfera; Parte III D- Lgs 152/2006- scarichi- Comunicazione o nulla osta in materia di impatto acustico L.447/1995, DPR 227/2011, D.P.R. n. 459/1998	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	n. 8319 del 31/07/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

TEMATICA	ENTE	AUTORIZZAZIONI	PARERE	Progettazione	Estremi Prot. ricezione
		DGR n. 9-11616:2004 - acustica			
PAESAGGIO	Città di Torino – Dipartimento Urbanistica e Edilizia Privata (in istanza di PAUR indicato Regione Piemonte - Territorio e Paesaggio)	Provvedimento di Autorizzazione paesaggistica Art. 146 del D. Lgs 42/2004 (codice dei beni culturali e del paesaggio)	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire di competenza Città di Torino	DEFINITIVA	Regione n. 1830 del 21/2/2023, Mibact n. 8184 del 25/07/2023 e n. 9226 del 1/9/2023
	Regione Piemonte- Direzione Opere pubbliche Difesa del suolo Protezione Civile, Trasporti e Logistica	concessione demaniale	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	PRIMA AVVIO LAVORI SOTTOPASSO	n. 8320 del 31/07/2023
BENI CULTURALI	Città di Torino - DIVISIONE TECNICA PATRIMONIO	Nulla osta spostamento monumento Carlo Alberto	titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	
	MIBACT- Soprintendenza Archeologica belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Torino	Autorizzazione per interventi sui beni culturali articolo 21, comma 4, D.Lgs. n.42 del 2004Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	n. 8184 del 25/07/2023 e n. 9226 del 1/9/2023
IGIENE - SANITA'	ASL- Città di Torino	Parere Igienico Sanitario	titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	
	MINISTERO DELLA DIFESA - 5° REPARTO INFRASTRUTTURE – UFFICIO B.C.M.	Parere sul servizio di bonifica bellica sistemica terrestre	titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	
ACQUE METEORICHE	Città Metropolitana di Torino - Direzione Risorse Idriche	Approvazione Piano di prevenzione e gestione delle acque di prima pioggia Art. 7 del D.P.G.R. n.1/R/2006	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	n. 8319 del 31/07/2023
ACQUE DI INFILTRAZIONE DI FALDA	Città Metropolitana di Torino - Direzione Risorse Idriche	D. Lgs 152/2006	Parere rilasciato – titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	n. 8319 del 31/07/2023
ESERCIZI O - SICUREZZA	ANSFISA	Autorizzazione all'esercizio Art.3 del DPR 753/1980	titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

TEMATICA	ENTE	AUTORIZZAZIONI	PARERE	Progettazione	Estremi Prot. ricezione
	MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA' SOSTENIBILE- DIPARTIMENTO PER I TRASPORTI, LA NAVIGAZIONE, GLI AFFARI GENERALI E IL PERSONALE - DIREZIONE GENERALE PER I SISTEMI DI TRASPORTO AD IMPIANTI FISSI E IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE	Autorizzazione all'esercizio Art.3 del DPR 753/1980	titolo abilitativo da acquisire	ESECUTIVA	

27.5 Gestione e utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo

Sulla base dei dati geognostici ed ambientali disponibili e di nuova acquisizione nello sviluppo del Progetto Esecutivo, l'Aggiudicatario dovrà procedere all'aggiornamento della documentazione del Progetto Definitivo inerente la caratterizzazione, la gestione e il riutilizzo in sito e fuori sito delle Terre e Rocce da Scavo (nel seguito "TRS") ai sensi della vigente normativa di settore. La documentazione del Progetto Definitivo di riferimento per la tematica è contenuta nella Cartella 16 - Studio di Impatto Ambientale ed è costituita dai seguenti N. 7 elaborati:

- 28_MTL2T1A0DAMBGENR010 "Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo (ai sensi dell'art. 9 D.P.R. del 120/17)";
- 29_MTL2T1A0DAMBGENT019 "Corografia dei siti di conferimento e smaltimento (cave e discariche)";
- 30_MTL2T1A0DAMBGENT020 "Corografia dei siti di deposito intermedio";
- 31_MTL2T1A0DAMBGENR011 "Piano di gestione rifiuti";
- 33_MTL2T1A0DAMBGENR013 "Studio per la determinazione dei valori di fondo naturale";
- 34_MTL2T1A0DAMBGENR014 "Piano Preliminare di Utilizzo in Sito delle Terre e Rocce da Scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti (ai sensi dell'art. 24 del D.P.R. 120/17)";
- 35_MTL2T1A0DAMBGENR015 "Piano di reperimento e gestione dei materiali litoidi (L.R. 23/2016)";

Si riportano a titolo indicativo e non esaustivo i principali aspetti che l'Aggiudicatario sarà tenuto ad aggiornare nello sviluppo della progettazione esecutiva:

- verifica delle volumetrie di Terre e Rocce da Scavo ("in banco" e "in cumulo") che saranno prodotte dall'opera in funzione di eventuali aggiornamenti progettuali;
- caratterizzazione ambientale delle TRS sulla base degli esiti delle indagini ambientali di Progetto Esecutivo, in particolare in merito agli aspetti di qualità ambientale (conformità alla Colonna A o Colonna B e/o rifiuti speciali), approvazione da parte di ARPA di valori

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

sito-specifici di fondo naturale di metalli pesanti (Cr, Co, Ni), aggiornamento della valutazione della Probabilità di Occorrenza di Minerali d'Amianto di origine naturale nei terreni (c.d. POMA);

- aggiornamento in merito all'interferenza degli scavi con siti oggetto di procedimento di bonifica;
- aggiornamento delle volumetrie di TRS gestibili in regime di sottoprodotti e/o rifiuti speciali e/o idonee al riutilizzo in sito in funzione degli esiti delle indagini ambientali di Progetto Esecutivo;
- acquisizione del parere dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e/o dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) di cui all'Allegato 4 del D.P.R. 120/17 preventivamente all'inizio dei lavori di scavo della galleria di linea con TBM necessaria per la gestione in regime di sottoprodotti dei terreni da scavo addizionati con prodotti condizionanti (tensioattivi) prodotti dallo scavo meccanizzato con TBM-EPB;
- eventuale aggiornamento dei siti di deposito intermedio individuati nel Progetto Definitivo;
- verifica della disponibilità a ricevere sottoprodotti dei siti di destinazione finale individuati nel Progetto Definitivo ed eventuale individuazione e inserimento nei Piani di nuovi siti.

Nella redazione del Progetto Esecutivo, l'Aggiudicatario dovrà inoltre ottemperare a tutte le prescrizioni formulate nel merito della gestione delle TRS dagli Enti partecipanti alla Conferenza dei Servizi del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (c.d. "PAUR") indetta dalle Pubbliche Autorità competenti per la valutazione e l'approvazione del Progetto Definitivo della tratta "Politecnico-Rebaudengo" dandone specifica evidenza in un'apposita Relazione.

Per facilità di lettura tutti i pareri formulati dalla Pubbliche Autorità o Enti competenti sono riportati in sintesi in un specifico elaborato intitolato "Relazione di ottemperanza e prescrizioni per le fasi successive" (elaborato cod. MTL2T1A0DZOOGENR006) del Progetto Definitivo in cui sono indicate tutte le prescrizioni che dovranno essere recepite nelle successive fasi di progettazione e realizzazione dell'opera nonché nella fase di post-operam.

Si segnala inoltre che la Conferenza dei Servizi del PAUR con l'approvazione del Progetto Definitivo ha prescritto l'istituzione di uno specifico Tavolo Tecnico istituito dall'Autorità Competente (Città di Torino, Regione Piemonte, ARPA, Città Metropolitana di Torino) per le materie relative alla gestione dei materiali da scavo e in particolare in merito al Piano di Reperimento e Gestione Materiali Litoidi e al Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo. I contenuti di tali documenti del Progetto Esecutivo dovranno pertanto essere preventivamente condivisi dall'Aggiudicatario per essere esaminati ed approvati dal Tavolo Tecnico di pertinenza istituito dall'Autorità Competente.

Si specifica infine che al fine di garantire la completa tracciabilità dei flussi di materiali da scavo, siano essi gestiti in regime di sottoprodotti (in sito o fuori sito), in regime di rifiuti speciali o destinati a riutilizzo in sito in regime di esclusione dalla disciplina sui rifiuti, l'Aggiudicatario dovrà predisporre ed attuare la condivisione di una piattaforma web nella quale siano periodicamente resi disponibili per la consultazione alla Pubbliche Autorità e/o Enti competenti le principali informazioni inerenti la corretta gestione dei flussi di TRS prodotte dall'opera (quali ad. es. gli esiti delle analisi di caratterizzazione in corso d'opera dei materiali da scavo, le volumetrie prodotte presso i siti di produzione, i documenti/formulari di trasporto, le volumetrie conferite presso i siti di deposito intermedio e/o destinazione finale, ecc.).

28. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) si prefigge di verificare nelle aree interessate dal progetto lo stato ambientale ante-operam, l'effettivo manifestarsi delle previsioni di impatto (sia in fase di costruzione sia in fase di esercizio) e l'efficacia dei sistemi di mitigazione posti in essere. Le attività di monitoraggio dovranno permettere inoltre, un tempestivo intervento in caso di riscontro di eventuali anomalie.

Ciò premesso, il PMA dovrà rispondere, partendo dalla definizione dello stato ante operam (bianco) ai seguenti obiettivi:

- documentare l'evolversi della situazione ambientale al fine di verificare che gli effetti indotti dall'opera siano coerenti con le previsioni di Progetto Esecutivo;
- segnalare il manifestarsi di eventuali emergenze ambientali affinché sia possibile intervenire nei modi e nelle forme più opportune per evitare che si producano eventi irreversibili e gravemente compressivi della qualità dell'ambiente;
- garantire il controllo di situazioni specifiche, affinché sia possibile adeguare la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali.

A tale scopo dovranno essere predisposti dall'Aggiudicatario una relazione generale di PMA, sulla base dell'analogo documento già contenuto nel Progetto Definitivo posto a base di gara e delle ulteriori indicazioni / prescrizioni contenute nei pareri rilasciati dagli Enti competenti in sede di Tavoli tecnici, una relazione di sintesi e le relazioni specifiche sulle componenti ambientali (rumore, vibrazioni, acque superficiali e sotterranee, vegetazione, atmosfera, ecc.). Per ogni ambito di monitoraggio dovranno essere definite le linee guida e le sintesi metodologiche di indagine.

Il Progetto di monitoraggio dovrà essere gestito con l'ausilio di un sistema informativo (Sistema informativo territoriale), che dovrà consentire la gestione dei dati relativi al monitoraggio ambientale dell'area di studio mediante una stretta integrazione tra gli elementi cartografici, dati alfanumerici descrittivi delle aree di monitoraggio e dati quali-quantitativi provenienti dai rilievi.

29. PRESTAZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA E SALUTE DURANTE LA PROGETTAZIONE DEI LAVORI AI SENSI DEL D.LGS. 81/2008 E S.M.I.

Il Responsabile dei Lavori, ai sensi del disposto dell'art. 90 del D.Lgs. 81/2008 in fase di Progettazione dell'opera, ed in particolare al momento delle scelte tecniche nell'esecuzione del Progetto e nell'organizzazione delle operazioni in cantiere, si attiene ai principi ed alle misure generali di tutela di cui all'art. 15 del D.Lgs. 81/2008; determina altresì al fine di permettere la pianificazione dell'esecuzione in condizioni di sicurezza, dei lavori o delle fasi di lavoro che si devono svolgere simultaneamente o successivamente tra loro, la durata di tali lavori o fasi di lavoro.

L'Aggiudicatario dovrà proporre alla Stazione Appaltante un professionista facente parte del Gruppo di Progettazione che dovrà svolgere il ruolo Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione, nominato dal Responsabile dei Lavori. Tale figura dovrà essere in possesso sia dei requisiti di cui dell'art. 98 del D.Lgs. 81/2008 e di una comprovata esperienza in materia di prevenzione dei rischi e tutela della sicurezza e della salute, per lavori analoghi a quelli in progetto.

Il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione dovrà assolvere, in un'elencazione indicativa e non esaustiva e con riferimento a quanto previsto all'art. 91 del D.Lgs. 81/2008 ai seguenti compiti:

- a. Redige o fa redigere il Piano di Sicurezza e di Coordinamento di cui all'art. 100 ed all'Allegato XV del D.Lgs. 81/2008.
- b. Predisporre un fascicolo contenente le informazioni utili al fine della prevenzione e protezione dai rischi cui sono esposti i lavoratori, tenendo conto delle specifiche norme di buona tecnica e dell'allegato XVI del D.Lgs. 81/2008.

Il Responsabile dei Lavori, nella fase della Progettazione dell'opera, dovrà valutare attentamente ogni qualvolta ciò risulti necessario, i documenti sopra individuati e redatti a cura del Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione.

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento ai sensi dell'art. 100 del D.Lgs. 81/2008 dovrà tra l'altro contenere l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi, e le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atti a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori nonché la stima dei relativi costi che non sono soggetti a ribasso nelle offerte dei concorrenti all'appalto.

Il Piano contiene altresì le misure di prevenzione dei rischi risultanti dalla eventuale presenza simultanea o successiva delle varie imprese ed è redatto anche al fine di prevedere, quando ciò risulti necessario, l'utilizzazione di impianti comuni, quali infrastrutture, mezzi logistici e di protezione collettiva.

Il Piano è costituito da una relazione tecnica e prescrizioni operative correlate alla complessità dell'opera da realizzare ed alle eventuali fasi critiche del processo di costruzione.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Il Piano di Sicurezza, ai sensi dell'Allegato XV del D.Lgs. 81/2008 dovrà tra l'altro definire in relazione alla tipologia del cantiere, i seguenti elementi:

- a) Modalità da seguire per la recinzione del cantiere, gli accessi e le segnalazioni;
- b) Protezioni o misure di sicurezza contro i possibili rischi provenienti dall'ambiente esterno;
- c) Servizi igienico-assistenziali;
- d) Protezioni o misure di sicurezza connesse alla presenza nell'area del cantiere di linee aeree e condutture sotterranee;
- e) Viabilità principale di cantiere;
- f) Impianti di alimentazione e reti principali di elettricità, acqua, gas ed energia di qualsiasi tipo;
- g) Impianti di terra e di protezione contro le scariche atmosferiche;
- h) Misure generali di protezione contro il rischio di seppellimento da adottare negli scavi;
- i) Misure generali da adottare contro il rischio di annegamento;
- l) Misure generali di protezione da adottare contro il rischio di caduta dall'alto;
- m) Misure per assicurare la salubrità dell'aria nei lavori in galleria;
- n) Misure per assicurare la stabilità delle pareti e della volta nei lavori in galleria;
- o) Misure generali di sicurezza da adottare nel caso di estese demolizioni o manutenzioni, ove le modalità tecniche di attuazione siano definite in fase di progetto;
- p) Misure di sicurezza contro i possibili rischi di incendio o esplosione connessi con le lavorazioni e materiali pericolosi utilizzati in cantiere;
- q) Disposizioni per dare attuazione a quanto previsto dall'art. 102 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. (consultazione dei Rappresentanti per la Sicurezza in fase di esecuzione dei Lavori);
- r) Disposizioni per dare attuazione all'organizzazione di cooperazione e coordinamento tra i datori di lavoro in fase di esecuzione dei lavori;
- s) Valutazione in relazione alla tipologia dei lavori delle spese prevedibili per l'attuazione dei singoli elementi del Piano;
- t) Misure generali di protezione da adottare contro gli sbalzi eccessivi di temperatura.

30. CRITERI GENERALI DELLA VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE

Il progetto sarà sottoposto a verifica e validazione, al fine di accertarne la conformità a quanto prescritto dal D.lgs 36/2023 – Allegato I.7 Sezione IV Art. 34.

Prima della approvazione, il responsabile del procedimento, coadiuvato dagli organismi di controllo accreditati ai sensi della norma europea UNI CEI EN ISO/IEC 17020, procederà in contraddittorio con l'Aggiudicatario a verificare la conformità del progetto esecutivo al progetto definitivo ed alla normativa vigente, ai sensi del D. Lgs. 36/2023 – Allegato I.7 Sezione IV Art. 34.

La verifica, la cui prima fase avverrà già in corso d'opera, durante la redazione della progettazione esecutiva, accerterà in particolare:

- a) la completezza della progettazione;
- b) la coerenza e completezza del quadro economico in tutti i suoi aspetti;
- c) l'appaltabilità della soluzione progettuale prescelta;
- d) i presupposti per la durabilità dell'opera nel tempo;
- e) la minimizzazione dei rischi di introduzione di varianti e di contenzioso;
- f) la possibilità di ultimazione dell'opera entro i termini previsti;
- g) la sicurezza delle maestranze e degli utilizzatori;
- h) l'adeguatezza dei prezzi unitari utilizzati;
- i) la manutenibilità delle opere, ove richiesta.

La validazione riguarderà inoltre:

- a) la corrispondenza dei nominativi dei progettisti a quelli titolari dell'affidamento e la sottoscrizione dei documenti per l'assunzione delle rispettive responsabilità;
- b) la completezza della documentazione relativa agli intervenuti accertamenti di fattibilità tecnica, amministrativa ed economica dell'intervento;
- c) l'esistenza delle indagini, geologiche, geotecniche e, ove necessario, archeologiche nell'area di intervento e la congruenza dei risultati di tali indagini con le scelte progettuali;
- d) la completezza, adeguatezza e chiarezza degli elaborati progettuali, grafici, descrittivi e tecnico-economici, previsti dal regolamento;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- e) l'esistenza delle relazioni di calcolo delle strutture e degli impianti e la valutazione dell'idoneità dei criteri adottati;
- f) l'esistenza dei computi metrico-estimativi e la verifica della corrispondenza agli elaborati grafici, descrittivi ed alle prescrizioni capitolari;
- g) la rispondenza delle scelte progettuali alle esigenze di manutenzione e gestione;
- h) l'effettuazione della valutazione di impatto ambientale, ovvero della verifica di esclusione dalle procedure, ove prescritte;
- i) l'esistenza delle dichiarazioni in merito al rispetto delle prescrizioni normative, tecniche e legislative comunque applicabili al progetto;
- j) l'acquisizione di tutte le approvazioni ed autorizzazioni di legge, necessarie ad assicurare l'immediata cantierabilità del progetto;
- k) il coordinamento tra le prescrizioni del progetto e le clausole dello schema di contratto e del capitolato speciale d'appalto nonché la verifica della rispondenza di queste ai canoni della legalità.
- l) la corretta applicazione dei metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni come indicato nel Capitolato Informativo e nel piano di gestione informativo.

31. PRESTAZIONI ACCESSORIE ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA

31.1 Indagini geologiche, geotecniche ed ambientali in fase di progettazione esecutiva

Nell'ambito della progettazione esecutiva, l'Aggiudicatario dovrà predisporre e sottoporre all'approvazione del Committente un Piano delle Indagini Geognostiche, quest'ultime intese come geologiche, geotecniche ed ambientali, finalizzato ad approfondire al livello di progettazione esecutiva lo stato di conoscenza del contesto sotterraneo in cui è inserita l'opera, con specifico riferimento alla natura delle opere di sostegno e dei consolidamenti previsti in progetto ed alla gestione ambientale delle terre e rocce da scavo.

Il suddetto Piano delle Indagini Geognostiche dovrà prevedere tutto quanto ritenuto necessario dall'Aggiudicatario per una corretta progettazione esecutiva e per la realizzazione dell'opera con piena assunzione delle relative responsabilità e dovrà essere redatto considerando anche le necessità derivanti dal Piano di Monitoraggio Ambientale dell'opera e dalle prescrizioni formulate dalle Pubbliche Autorità competenti nell'ambito dell'iter di valutazione di compatibilità ambientale dell'opera espletato con esito positivo mediante Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (c.d. "PAUR") riportate nel dettaglio nell'elaborato cod. MTL2T1A0DZOOGENR006 "Relazione di ottemperanza e prescrizioni per le fasi successive" del Progetto Definitivo.

I risultati del Piano di Indagini Geognostiche, unitamente a quelli delle indagini già realizzate nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica e del Progetto Definitivo, costituiranno la base di informazioni che dovranno essere elaborate, interpretate ed approfondite dall'Aggiudicatario per lo sviluppo del Progetto Esecutivo.

A titolo indicativo e non esaustivo il quadro delle indagini geognostiche eseguite nello sviluppo complessivo della progettazione dovrà consentire:

- la caratterizzazione geologica, litostratigrafica, idrogeologica e geotecnica del sottosuolo lungo del tracciato di progetto delle opere fino alla profondità dal p.c. individuata dal volume significativo di sottosuolo interessato dalle stesse, completa di profilo longitudinale e sezioni trasversali nei punti ritenuti "critici" (ad es. nel caso di zone interessate dalla presenza di materiali sciolti con parziali cementazioni naturali),
- la taratura delle unità geologiche e geotecniche per la valutazione della spesa energetica necessaria per la realizzazione degli scavi e l'individuazione delle conseguenti migliori scelte tecnologiche;
- la definizione delle proprietà dell'ammasso, in particolare con analisi del comportamento in presenza di acque di falda;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- la caratterizzazione dei materiali con particolare riferimento alle coperture sulle gallerie;
- l'individuazione dei livelli piezometrici, la valutazione dell'oscillazione e della variazione attesa del livello piezometrico della falda freatica, anche in relazione all'interferenza dell'opera con la falda freatica e/o con altre opere e manufatti interrati presenti in un raggio di 300 m dalla stessa (ad. es. passante ferroviario alta velocità RFI nella zona del Deposito/Officina Rebaudengo, Linea 1 Metropolitana), la ricostruzione dettagliata del pannello piezometrico della superficie della falda freatica;
- simulazioni delle turbative possibili indotte dalle lavorazioni;
- quant'altro necessario per le scelte tecnologiche e le tutele ambientali, etc.

Entro 15 giorni dalla notifica dell'affidamento del Contratto, l'Aggiudicatario trasmetterà al Committente per l'approvazione il Piano delle Indagini Geognostiche con contestuale avvio di tutte le azioni necessarie a garantire l'ottenimento delle autorizzazioni pubbliche e private per la piena disponibilità delle aree e dei siti individuati per l'effettuazione delle indagini. Si specifica inoltre che il Piano delle Indagini Geognostiche per la progettazione esecutiva dovrà essere preventivamente concordato ed approvato con gli specifici Tavoli Tecnici istituiti dalle Pubbliche Autorità competenti secondo quanto prescritto nel PAUR affinché siano garantite e tutelate, sin da subito, le predisposizioni necessarie per l'ottemperanza a tutte le prescrizioni inerenti il monitoraggio dell'impatto ambientale dell'opera.

Al fine di ottemperare alle indicazioni e prescrizioni di carattere geologico, geotecnico e ambientale emerse nella fase di validazione e approvazione del Progetto Definitivo vengono nel seguito riportati i contenuti minimi del Piano di Indagine Geognostiche che l'Aggiudicatario dovrà eseguire per lo sviluppo del Progetto Esecutivo.

Per quel che attiene agli aspetti di carattere strettamente geologico e geotecnico il Piano delle Indagini Geognostiche dovrà prevedere, al minimo, le sottoindicate tipologie e quantitativi di indagini in sito e prove di laboratorio da realizzarsi in punti di indagine distribuiti lungo il tracciato di progetto ed in corrispondenza delle principali opere dove sono previsti scavi e trattamenti di consolidamento dei terreni (deposito/officina, stazioni, gallerie e manufatti di intertratta):

- N. 9 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo a profondità di 50 m da p.c. di cui N. 1 da ubicare in corrispondenza dell'opera Pozzo Terminale del 1° Lotto funzionale nel Retrostazione Politecnico (**PT1**), N. 1 presso la Stazione Politecnico (**SPO**), N. 1 presso la Stazione Pastrengo (**SPA**), N. 1 presso il Pozzo Pastrengo (**PPA**), N. 1 presso la Stazione Porta Nuova (**SPN**), N. 1 presso la Stazione Carlo Alberto (**SCA**), N. 1 presso il Pozzo Verona (**PVR**) e N. 2 presso il Deposito/Officina Rebaudengo (**DRB**), per un totale di 450 m di perforazione;16

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- N. 4 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo a profondità di 45 m da p.c. di cui N. 3 da ubicare in corrispondenza dei tratti di galleria naturale in TBM di intertratta identificati rispettivamente dalle WBS **GT5**, tra le opere Stazione Porta Nuova (SPN) e Pozzo Porta Nuova (PPN), **GT4**, tra le opere Stazione Carlo Alberto (SCA) e Stazione Mole-Giardini Reali (SMO), e **GT1**, tra le opere Pozzo Novara (PNO) e Stazione Novara (SNO), e N. 1 presso la Stazione Cimarosa-Tabacchi (**SCI**), per un totale di 180 m di perforazione;15
- N. 5 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo a profondità di 40 m da p.c. di cui N. 2 da ubicare in corrispondenza del tratto di galleria naturale in TBM di intertratta identificato dalla WBS **GT3** (rispettivamente in sponda destra e sinistra idrografica del F. Dora Riparia), tra le opere Pozzo Mole e Stazione Verona, N. 1 presso il Pozzo Novara (**PNO**), N. 1 presso la Stazione Bologna (**SBO**) e N. 1 presso il Pozzo Cimarosa (**PCI**, da realizzare a valle idrogeologica del manufatto come da prescrizioni del PAUR), per un totale di 200 m di perforazione;13
- N. 10 sondaggi geotecnici a distruzione di nucleo a profondità di 50 m da p.c. con registrazione dei parametri di perforazione e restituzione sottoforma di grafici dell'energia specifica di avanzamento della perforazione (espressa in J/mc per cm di avanzamento) tipo DAC-TEST, di cui almeno N. 5 da ubicare in corrispondenza delle opere Stazione Politecnico (**SPO**), Stazione Porta Nuova (**SPN**), Stazione Carlo Alberto (**SCA**), Stazione Bologna (**SBO**), Pozzo Cimarosa (**PCI**) e N. 2 presso il Deposito/Officina Rebaudengo (**DRB**) per un totale di 500 m di perforazione;
- i N. 18 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo che saranno eseguiti dovranno essere attrezzati con piezometri del tipo a tubo aperto di diam. di 2-3", con tratti fenestrati opportunamente posizionati al fine di garantire la tutela delle acque sotterranee ai sensi della vigente normativa di settore, per il monitoraggio del livello piezometrico della falda freatica;

Nei sondaggi geotecnici a carotaggio continuo dovranno essere eseguite le seguenti prove in foro e dovranno essere e prelevati i seguenti quantitativi e tipologie di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio:

- N. 269 prove penetrometriche standard del tipo SPT da realizzare in foro ogni 3 m di avanzamento della perforazione;

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- N. 269 analisi granulometriche mediante vagliatura per via umida di campioni di terreno disturbati prelevati alla profondità di esecuzione delle prove SPT;
- N. 72 prove di permeabilità del tipo Lefranc da realizzare in numero di N. 4 per foro in tutti i sondaggi geotecnici, di cui almeno N. 2 da realizzare in terreni fini argilloso-limosi e/o marnoso-argillosi che saranno interessati dalla realizzazione dei consolidamenti e delle impermeabilizzazioni (p. es. jet-grouting e/o tappi di fondo) e almeno N. 1 da realizzare in terreni grossolani, per la determinazione del coefficiente di permeabilità orizzontale e verticale dei litotipi indagati;
- N. 24 campioni indisturbati di terreni fini argilloso-limosi e/o marnoso-argillosi del substrato pre-quadernario da prelevare in foro di sondaggio mediante campionatori Shelby e/o doppio carotiere T6 e/o campionatore Triplex. I campioni indisturbati saranno da prelevare in numero minimo di N. 4 per sondaggio alle quote interessate dalla realizzazione della galleria, caratterizzando il terreno dalla quota della calotta alla base dell'arco rovescio, e/o alle quote di imposta delle opere di contenimento (diaframmi) interessate dalla presenza di terreni fini argilloso-limosi e/o marnoso-argillosi del substrato pre-quadernario;
- N. 24 analisi granulometriche mediante sedimentazione con aerometro sulla frazione passante al setaccio ASTM 200 mesh (apertura maglie pari a 0.075 mm);
- N. 24 determinazioni del contenuto d'acqua allo stato naturale;
- N. 24 determinazioni del grado di saturazione;
- N. 24 determinazioni del peso di volume allo stato naturale;
- N. 24 determinazioni del peso specifico dei granuli;
- N. 24 determinazioni della porosità (indice dei vuoti);
- N. 10 determinazioni del limite di liquidità e plasticità;
- N. 10 prove di consolidazione edometrica ad incrementi di carico controllati (IL);
- N. 10 prove di taglio diretto CD per la determinazione della resistenza al taglio "di picco" e "residua";
- N. 15 prove triassiali, non consolidata non drenata (UU);
- N. 15 prove triassiali, consolidata non drenata (CU);
- N. 15 prove triassiali, consolidata drenata (CD).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- N. 12 campioni per la valutazione della scavabilità e del grado di abrasività dei terreni grossolani di origine alluvionale, fluviale e fluvioglaciale quaternari prelevati dai sondaggi geotecnici e rappresentativi dei terreni presenti alle quote interessate dagli scavi dei diaframmi e/o della galleria di linea (intervallo di campionamento di 5 m per singolo campione). Tali campioni dovranno essere sottoposti alle prove geomeccaniche di laboratorio riportate ai punti seguenti;
 - N. 12 esame petrografico allo stereomicroscopio su aggregati (UNI EN 932- 3:2004);
 - N. 12 prove a carico concentrato Point Load Test (ASTM D5731:16);
 - N. 12 prove di abrasività Cerchar (ASTM D7625:10);
 - N. 12 prove di perforazione Sievers SJ (SINTEF 2003);
 - N. 12 prove di frammentazione Brittleness Value Test S20 (SINTEF 2003);
 - N. 12 prove Cone Indenter Test N.C.B (NCB 1977);
 - N. 12 prove Punch Penetration Test (Colorado School of Mines – Handewitt);

Il Piano delle Indagini Geognostiche predisposto dall'Aggiudicatario dovrà comprendere l'esecuzione delle seguenti indagini geofisiche ed idrogeologiche:

- N. 2 prove sismiche per onde superficiali del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la determinazione della velocità sito-specifica delle onde di taglio (V_{seq}) da realizzarsi in corrispondenza delle future Stazione Porta Nuova (SPN) e Stazione Carlo Alberto (SCA);
- N. 2.000 m complessivi di stendimenti sismici per onde superficiali del tipo MASW-2D (Multichannel Bidimensional Analysis of Surface Waves) di cui almeno N. 600 m da realizzare lungo il tracciato della galleria di linea naturale in TBM in corrispondenza delle WBS GT1 e GT2 e N. 1.000 m da realizzare nelle zone delle WBS GT3, GT4 e GT5 su viabilità stradali limitrofe alle porzioni di tracciato in cui la galleria sotto-attraversa interi "isolati" di centro storico non accessibili per l'esecuzione di indagini a causa della presenza in superficie di edifici e/o fabbricati;
- N. 3 prove di emungimento della falda freatica di lunga durata da realizzare su altrettanti pozzi idrici con controllo in uno o più piezometri limitrofi agli stessi, finalizzate alla determinazione dei parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale e della falda freatica da realizzarsi rispettivamente nelle zone della Stazione Porta Nuova (SPN), della Stazione Bologna (SBO) e del Deposito/Officina Rebaudengo (DRB).

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

In merito agli aspetti di carattere ambientale, il suddetto Piano delle Indagini Geognostiche dovrà prevedere, al minimo, le sottoindicate tipologie e quantitativi di indagini in sito e analisi di laboratorio.

Si sintetizzano nel seguito le indagini ambientali da eseguire nella progettazione esecutiva già incluse nel Progetto Definitivo per la caratterizzazione delle aree di interferenza dell'opera con siti oggetto di procedimento di bonifica previste ai sensi dell'Art. 242 ter del D.Lgs. 152/06 rimandando per maggiori dettagli all'Addendum 2 "Proposta di piano di indagini preliminari ai sensi del comma 4 dell'Art. 242 ter del D.Lgs. 152/06" dell'elaborato cod. MTL2T1A0DAMBGENR010 "Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo" ed alle prescrizioni formulate dalle Pubbliche Autorità competenti nell'ambito dell'iter di valutazione di compatibilità ambientale dell'opera mediante PAUR riportate nel dettaglio nell'elaborato cod. MTL2T1A0DZOOGENR006 "Relazione di ottemperanza e prescrizioni per le fasi successive" del Progetto Definitivo:

- N. 3 sondaggi ambientali a carotaggio continuo a profondità di 28 m da p.c. siglati SI-1÷SI-3 ubicati internamente all'area interessata dagli scavi per la realizzazione della futura Stazione Rebaudengo (SRB);
- N. 1 sondaggio ambientale a carotaggio continuo a profondità di 28 m da p.c. siglato SI-4 ubicato internamente all'area interessata dagli scavi per la realizzazione del tratto di galleria di linea a foro cieco (GN1) di collegamento tra la Stazione Rebaudengo e il Deposito/Officina Rebaudengo;
- N. 1 sondaggio ambientale a carotaggio continuo a profondità di 40 m da p.c. siglato SI-5 ubicato presso la Stazione Novara (SNO) in area potenzialmente interferente con il sito oggetto di bonifica ex-impianto distribuzione carburanti (Codice Sito n. 135 Città di Torino – Ex distributore ESSO PV 2720 – Cod. Anagrafe Regionale 1614)
- N. 7 punti di indagine ambientale siglati SZ-1÷SZ7, rappresentati da altrettante "sezioni" trasversali del c.d. "trincerone" ferroviario di via Gottardo/via Sempione, distribuiti ogni circa 270 m di sviluppo del tracciato. Ogni punto di indagine sarà costituito da N. 1 sondaggio ambientale a carotaggio continuo a profondità di 11 m da p.c., da realizzarsi internamente all'impronta del "trincerone", sul fondo dello stesso, in asse con il tracciato in progetto e N. 2-4 campioni di terreno "di parete", rappresentativi delle scarpate prelevati in corrispondenza di ogni punto di sondaggio a carotaggio realizzato

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

internamente al trincerone. Tali campioni potranno essere prelevati mediante l'utilizzo di escavatore meccanico realizzando scavi all'interno della parete fino ad attraversare per intero l'eventuale spessore di terreno di riporto antropico/terreno vegetale di copertura delle sponde, se presente, e penetrando per almeno 0,5 m internamente al terreno costituente la scarpata. Di questi: a) N. 3 punti di indagine siglati SZ-2, SZ-4 e SZ-6 saranno realizzati in corrispondenza delle aree interessate dalla realizzazione delle opere Stazione Corelli (SCO), Stazione San Giovanni Bosco (SSG) e Stazione Giulio Cesare (SGC); b) N. 3 punti di indagine siglati SZ-1, SZ-3 e SZ-5 saranno realizzati in corrispondenza delle zone interessate dalla realizzazione delle opere Pozzo Giulio Cesare (PGC), Pozzo San Giovanni Bosco (PSG), Pozzo Corelli (PCO) e dei relativi tratti di galleria di linea in artificiale (GA1, GA2 e GA3); c) N. 1 punto di indagine siglato SZ-7 sarà realizzato in corrispondenza della zona interessata dal tratto di galleria di linea in artificiale (GA4) tra il Pozzo Cimarosa e la Stazione Corelli.

- N. 66 campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio per la valutazione della qualità ambientale secondo i set analitici riportati nella documentazione progettuale sopra citata. Si specifica che il numero di campioni di terreno da prelevare nei sondaggi e dalle pareti di scavo potrà variare in funzione della presenza e/o del rinvenimento di terreno di riporto antropico e/o di eventuali evidenze di contaminazione.

L'aggiudicatario dovrà inoltre eseguire nella fase di progettazione esecutiva le seguenti indagini ambientali finalizzate all'affinamento della caratterizzazione dello stato di qualità dei terreni e delle acque sotterranee ed alla gestione delle terre e rocce da scavo. A tal fine dovranno essere eseguiti N. 26 sondaggi ambientali a carotaggio continuo a profondità di 30-40 m da p.c., per un totale di 1.000 m di perforazione, di cui N. 12 da attrezzare con piezometri dal tipo a tubo aperto di diam. 4" per il monitoraggio del livello piezometrico e della qualità ambientale delle acque della falda freatica, da realizzarsi rispettivamente in corrispondenza delle seguenti opere:

- N. 2 sondaggi presso il Deposito/Officina Rebaudengo (DRB)
- N. 1 sondaggio presso il Pozzo Terminale 1° Lotto (PT1)
- N. 1 sondaggio presso il Pozzo Emergenza Mole (EMO)
- N. 1 sondaggio presso il Pozzo Novara (PNO)
- N. 1 sondaggio presso il Pozzo Terminale della galleria artificiale (PT2)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

- N. 1 sondaggio presso la Stazione Pastrengo (SPA)
- N. 1 sondaggio presso la Stazione Porta Nuova (SPN)
- N. 1 sondaggio presso la Stazione Carlo Alberto (SCA)
- N. 1 sondaggio presso la Stazione Verona (SVR)
- N. 1 sondaggio presso la Stazione Cimarosa-Tabacchi (SCI)
- N. 1 sondaggio presso la galleria di linea naturale con metodo tradizionale da SRB fino al pozzo PT2 (GN2)
- N. 4 sondaggi presso il tratto di galleria di linea artificiale da SCO a SCI - Manufatto di bivio nord e ramo ovest (GA4)
- N. 1 sondaggio presso il tratto di galleria di linea artificiale da SCI a SBO (GA5)
- N. 2 sondaggi presso il tratto di galleria di linea artificiale da SBO a PNO - Manufatto Retrostazione Bologna (GA6);
- N. 7 sondaggi presso i tratti di Galleria di linea naturale in TBM GT1, GT2, GT4, GT5, GT6, GT7 e GT8.
- n. 120 analisi di campioni ambientali di terreni per la determinazione dei parametri pH, scheletro, metalli (As, Cd, Co, Cr totale, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), idrocarburi leggeri, idrocarburi pesanti, IPA, BTEX, PCB;
- n. 40 test di cessione dei terreni superficiali di riporto antropico da eseguite ai sensi del D.M. 05/02/1998;
- n. 120 analisi per la ricerca qualitativa di amianto di origine naturale nei terreni , di cui almeno n. 100 da eseguire su campioni di terreni di origine fluvioglaciale, fluviale e alluvionale della copertura quaternaria e n. 10 da eseguire su campioni di terreni fini argilloso-limosi e/o marnoso-argillosi del substrato pre-quaternario. Si specifica che le analisi per la ricerca di amianto naturale nei terreni dovranno essere eseguite su campioni da prelevare in modalità "tal quale" ovvero non selezionando il campione in campo mediante setacciatura e/o cernita manuale dei clasti di diametro maggiore di 2 cm e "sul totale" del campione prelevato senza sottoporlo alla successiva vagliatura a 2 mm in laboratorio. Le analisi di laboratorio per la ricerca qualitativa di amianto dovranno essere eseguite mediante metodica D.M. 06/09/94 All. 3 (MOCF –DC) ed esclusivamente nel caso in cui questa restituisca esito positivo (amianto presente) lo stesso campione dovrà essere

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

sottoposto ad analisi per la quantificazione della concentrazione di amianto con metodica DM 06/09/94 All. 1b (SEM);

- n. 30 analisi per la determinazione dei parametri sito-specifici dell'acquifero (pH, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, potenziale RedOx, temperatura) e di qualità ambientale delle acque sotterranee della falda freatica (As, Cr totale, Cr VI, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, nitriti, nitrati, solfati, BTEX, Alifatici clorurati cancerogeni, idrocarburi totali) delle acque sotterranee di cui N. 12 da eseguire su campioni di acque sotterranee relativi ai piezometri di nuova realizzazione.

In conclusione, si specifica che l'Aggiudicatario potrà altresì proporre, a proprie spese, l'esecuzione di eventuali ulteriori indagini geognostiche, prove in sito e/o analisi di laboratorio, che riterrà opportune al fine di consentire una caratterizzazione maggiormente approfondita del sottosuolo e delle acque sotterranee finalizzata all'individuazione del comportamento nei confronti dell'applicazione delle tecnologie che intende impiegare e dei monitoraggi che ritiene necessario predisporre.

L'ubicazione planoaltimetrica definitiva di ciascun punto di indagine eseguito dovrà essere rilevata dall'Aggiudicatario mediante la rilevazione delle coordinate planimetriche x, y (con precisione minima dell'ordine di 20 cm) e della quota assoluta z del piano campagna (espressa in m s.l.m. con precisione dell'ordine di 5 cm) con tecnologia satellitare (GPS) e/o con strumentazione elettroottica riferendola ai capisaldi topografici che saranno forniti dalla Direzione Lavori.

I risultati del rilievo planoaltimetrico di ogni punto di indagine realizzato dovranno essere restituiti al Committente sotto forma digitale indicando le coordinate geografiche e cartografiche del punto di indagine espresse nei seguenti sistemi di riferimento:

- WGS84/UTM zone 32N – Datum: WGS84 – Proiezione: UTM – Zona: 32N – EPSG: 32632;
- SISTEMA ISOMETRICO MTL2 (Metropolitana Torino Linea 2) "ISO250" - DEFINIZIONE 2021;

Per i punti di indagine in cui saranno installati piezometri per il monitoraggio delle acque sotterranee, in aggiunta ai precedenti dati dovrà essere rilevata e restituita al Committente anche la quota assoluta della testa della tubazione piezometrica installata espressa in m s.l.m. (quota assoluta della "testa tubo" piezometrico).

Al termine dell'esecuzione delle indagini geognostiche in sito dovrà essere trasmessa al Committente una relazione di sintesi dei risultati delle indagini e delle prove in sito e di laboratorio eseguite. Le cassette catalogatrici dei terreni risultati dall'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo dovranno essere raccolte, trasportate e conservate presso appositi locali coperti (c.d. "caroteca") gestiti dall'Aggiudicatario dove dovranno essere chiaramente identificate, ordinate per punto di indagine e disponibili per il Committente sino alla definitiva chiusura dei rapporti contrattuali.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

I costi posti a base di gara per l'esecuzione dei contenuti minimi del Piano delle Indagini Geognostiche sopra riportati, comprensivo della perforazione dei sondaggi, delle attività di approntamento dei relativi cantieri (trasporto in andata e ritorno delle attrezzature, taglio pavimentazione e prescavo mediante escavatore a risucchio, fornitura e gestione acque di perforazione, allontanamento del materiale rimosso e gestione dello stesso come rifiuto, ripristino dell'area, installazione strumentazione geotecnica), delle prove in sito e di laboratorio, sono stati stimati sulla base dei prezzi compresi nel Prezziario Regione Piemonte 2023 e, nel caso di attività non comprese nel suddetto prezziario, sulla base dei prezzi offerti nelle gare espletate per l'esecuzione di attività analoghe svolte nel corso della progettazione definitiva della Tratta Politecnico-Rebaudengo.

31.2 Sondaggi di verifica archeologica

Come indicato nel paragrafo 27.3.2.8 p.to 49), ripreso dal Rapporto finale della Conferenza di Servizi Decisoria (contenuto nel "Rapporto istruttorio" della D.D. prot. n. 5223 del 22/09/2023 del Dipartimento Ambiente e Transizione Ecologica della Città di Torino) considerati gli esiti delle citate indagini sviluppate nel corso della progettazione preliminare e definitiva, la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio ha considerato concluso il procedimento di Verifica Preventiva dell'Interesse Archeologico ex art. 25 del D. Lgs 50/2016 (attualmente art. 36, c.4 del D. Lgs. 36/2023), limitatamente alla tratta Politecnico-Rebaudengo, con le seguenti vincolanti prescrizioni:

- Nella fase di progettazione esecutiva, sarà necessario sviluppare e sottoporre all'approvazione del Committente e della Competente Soprintendenza, un progetto di indagini archeologiche con scavo stratigrafico per le seguenti aree dove il rischio archeologico non è stato ridotto:
 - o Stazione Novara (si veda p.to 49 lettera f)
 - o Stazione Carlo Alberto (si veda p.to 49 lettera m)
 - o Pozzo Porta Nuova (si veda p.to 49 lettera n)
 - o Stazione Porta Nuova (si veda p.to 49 lettera o)

Per le restanti aree di interesse archeologico menzionate nel parere di cui al p.to 49 dove è prescritto lo scavo da eseguirsi sotto costante assistenza archeologica, a partire dallo spostamento dei sottoservizi e dallo scavo iniziale e fino al raggiungimento dei livelli sterili, tale misura è stata già implementata nelle fasi di realizzazione delle opere.

31.3 Monitoraggio ambientale ante-operam

L'Aggiudicatario dovrà predisporre la revisione del piano di monitoraggio ambientale del progetto definitivo sulla base delle prescrizioni impartite dagli Enti competenti durante la Conferenza dei Servizi relativa all'intera tratta, verificate e concordate preventivamente con ARPA Piemonte.

Acquisito il benestare da parte di ARPA Piemonte sul documento sopra indicato e ottenuto il parere favorevole da parte della Stazione Appaltante (entro 30 giorni dall'avvio delle attività),

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

L'Aggiudicatario potrà avviare la fase di monitoraggio ambientale ante operam, per una durata complessiva di 12 mesi.

In particolar modo dovranno essere definite con l'Ente preposto le procedure per la gestione delle anomalie delle diverse componenti ambientali.

Ferme restando le forniture periodiche dei rapporti delle diverse campagne di rilievo così come indicato nelle prescrizioni in sede di approvazione del progetto, sarà onere dell'Aggiudicatario fornire al termine del monitoraggio ante operam la documentazione riassuntiva di tutte le campagne svolte nell'arco dei 12 mesi, secondo le modalità che verranno definite dalla Committente.

31.4 Indagini su fabbricati esistenti

A completamento ed integrazione delle indagini sui fabbricati esperite nell'ambito della progettazione definitiva, l'Aggiudicatario dovrà svolgere adeguate indagini tecniche, al fine di meglio definire e classificare i fabbricati interessati e/o sottopassati dalle opere della Metropolitana. Le risultanze di tali indagini, che saranno eseguite con grado di dettaglio superiore a quello con cui sono state eseguite in fase di progettazione definitiva, saranno raccolte, per ciascun fabbricato, in apposite schede di rilievo. L'Aggiudicatario dovrà sottoporre al Committente, prima dell'avvio delle indagini, la scheda di rilievo tipologica che intenderà adottare per ciascun fabbricato: tale scheda dovrà essere conforme al fac-simile allegato al presente documento.

L'approfondimento di tali indagini dovrà, a cura e responsabilità dell'Aggiudicatario, essere commisurato all'entità dell'interferenza con le opere in progetto ed avvenire secondo le tempistiche indicate nel programma delle attività allegato al presente documento.

Le indagini di cui sopra dovranno essere sia di tipo conoscitivo bibliografico (ad esempio disegni fondazioni, elaborati strutturali, etc) anche presso Archivio storico, Genio civile, Comune, etc. che di tipo diretto in sito (rilievi, saggi, sondaggi, etc.).

Sarà cura ed onere dell'Aggiudicatario ottenere tutte le autorizzazioni per l'espletamento delle attività sopra definite.

Le indagini dovranno altresì essere estese alle aree ospitanti edifici e/o complessi vincolati dalla parte II del D. Lgs. 42/2004 e s.m.i., per una specifica valutazione preventiva dello stato di conservazione degli stessi, come richiesto nel parere della Soprintendenza delle Belle Arti e Paesaggio per il comune e la provincia di Torino, espresso nel Rapporto finale della Conferenza dei Servizi PAUR di cui alla Determina Dirigenziale n. prot. 5223 del 22/09/2023 emessa dal Dipartimento Ambiente e transizione ecologica della Città di Torino.

Le indagini dovranno essere tali da permettere all'Aggiudicatario l'interpretazione integrata e correlata di tutti i dati per le necessarie considerazioni ed eventuali verifiche statiche che si rendessero necessarie in relazione all'opera da realizzare, con particolare riguardo a titolo esemplificativo, e non esaustivo, al controllo dei cedimenti superficiali, alle vibrazioni e quant'altro ritenuto rilevante.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

Nell'ambito dell'istruttoria preliminare del progetto ed entro i termini contrattuali per la stessa previsti, l'Aggiudicatario trasmetterà al Committente, per l'approvazione, il progetto delle indagini all'uopo predisposto.

L'Aggiudicatario resta comunque obbligato ad effettuare ogni eventuale ricerca e/o indagine e/o verifica che si rendesse necessaria a tale riguardo nello sviluppo della Progettazione Esecutiva.

Il complesso delle attività sopra descritte dovrà essere tale da costituire valutazione ed accertamento tecnico per la redazione dei testimoniali di stato che saranno richiesti all'Appaltatore, preliminarmente alla realizzazione dei lavori.

Lo sviluppo delle indagini e la loro completa interpretazione in relazione alle modalità e tecniche realizzative delle opere in progetto, serviranno per la valutazione del coefficiente di vulnerabilità dei vari fabbricati, formeranno oggetto di apposito documento di Progetto Esecutivo e costituiranno la base per lo sviluppo del progetto del Piano di Monitoraggio geotecnico-strutturale da realizzare in via preventiva e mantenere in lettura per tutto il tempo necessario.

Il progetto di tali monitoraggi dovrà essere compreso tra gli elaborati costituenti il Progetto Esecutivo.

Si precisa infine che l'importo posto a base di gara per le indagini sui fabbricati, che sarà assoggettato al ribasso offerto dall'Aggiudicatario, è da intendersi fisso ed invariabile.

31.5 Approfondimenti sui rilievi topografici

Nel progetto definitivo posto a base di gara sono già contenuti i rilievi topografici di tutte le aree interessate dalla costruzione dell'opera. L'Aggiudicatario dovrà in ogni caso effettuare le verifiche e gli approfondimenti necessari per redigere la progettazione esecutiva dell'opera, secondo le tempistiche indicate nel programma delle attività allegato al presente documento.

A tal proposito, trasmetterà uno studio sulla campagna di rilievi topografici da realizzare con programma d'esecuzione della stessa.

Le prestazioni topografiche che comprendono il rilievo e la restituzione di quanto necessario per il progetto e la realizzazione delle opere potranno, a titolo esemplificativo e non limitativo, consistere in:

- realizzazione della poligonale di base che sarà utilizzata per il tracciamento delle gallerie e delle opere del progetto;
- rilievo di dettaglio delle aree interessate dai lavori;
- realizzazione di caposaldi coordinati con relative monografie;
- restituzione dei rilievi nelle scale opportune per lo sviluppo del progetto;
- eventuali estensioni e rilievi per il completamento della cartografia.

Ogni autorizzazione e/o permesso necessario per l'espletamento delle prestazioni topografiche sono di competenza dell'Aggiudicatario.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Specifiche tecniche di progettazione e prescrizioni

I libretti di campagna ed i supporti informatici saranno a disposizione della Stazione Appaltante presso i locali/sede dell'Aggiudicatario fino alla chiusura dei rapporti contrattuali; il loro elenco dovrà, comunque, essere trasmesso al Committente.

Si segnala inoltre che le cartografie della Città di Collegno e Rivoli sono utilizzate da gran parte degli Enti Terzi come supporto per le planimetrie delle proprie reti.

Come già detto, l'Aggiudicatario dovrà provvedere a sua cura ed onere alla verifica della poligonale di base, alla redazione di integrazioni di rilievi topografici già effettuati o di rilievi topografici di zone di dettaglio in opportuna scala, qualora la definizione a perfetta regola d'arte della Progettazione Esecutiva ne evidenziasse la necessità in corso d'opera.

Si precisa infine che l'importo posto a base di gara per gli approfondimenti sui rilievi topografici, che sarà assoggettato al ribasso offerto dall'Aggiudicatario, è da intendersi fisso ed invariabile.

I rilievi integrativi dovranno contenere tutte le discontinuità e le z dei punti al fine poter creare i modelli digitali del terreno.