

SEZIONI B-B e C-C
Scala 1:100

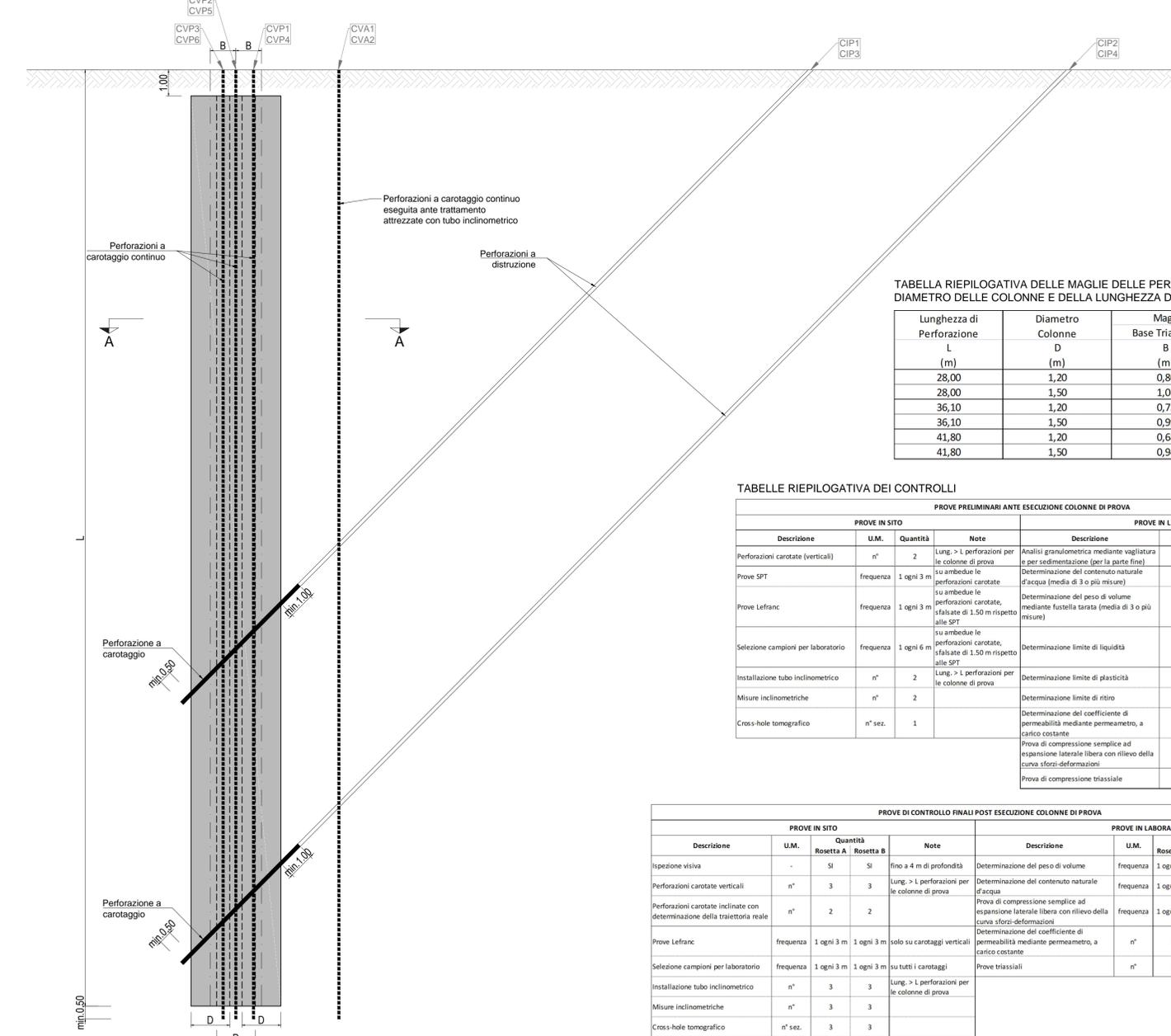


TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE MAGLIE DELLE PERFORAZIONI, IN FUNZIONE DEL DIAMETRO DELLE COLONNE E DELLA LUNGHEZZA DI PERFORAZIONE PRESCELTA

Lunghezza di Perforazione L (m)	Diametro Colonne D (m)	Maglia Triangolare Equilatera	
		Base Triangolo B (m)	Altezza Triangolo H (m)
28,00	1,20	0,80	0,69
28,00	1,50	1,06	0,91
36,10	1,20	0,73	0,62
36,10	1,50	0,99	0,85
41,80	1,20	0,68	0,58
41,80	1,50	0,94	0,81

TABELLE RIEPILOGATIVA DEI CONTROLLI

PROVE PRELIMINARI ANTE ESECUZIONE COLONNE DI PROVA				PROVE IN LABORATORIO			
Descrizione	U.M.	Quantità	Note	Descrizione	U.M.	Quantità	Note
Perforazioni carotate (verticali)	n°	2	Lung. > L perforazioni per le colonne di prova su ambedue le perforazioni carotate	Analisi granulometrica mediante vagliatura e per sedimentazione (per la parte fine)	n°	4	n° 2 per terreni non coesivi e n° 2 per terreni coesivi
Prove SPT	frequenza	1 ogni 3 m	su ambedue le perforazioni carotate	Determinazione del contenuto naturale d'acqua (media di 3 o più misure)	n°	2	n° 1 per terreni non coesivi e n° 1 per terreni coesivi
Prove Lefranc	frequenza	1 ogni 3 m	su ambedue le perforazioni carotate, sfalate di 1,50 m rispetto alle SPT	Determinazione del peso di volume mediante fustella tarata (media di 3 o più misure)	n°	2	n° 1 per terreni non coesivi e n° 1 per terreni coesivi
Selezione campioni per laboratorio	frequenza	1 ogni 6 m	su ambedue le perforazioni carotate, sfalate di 1,50 m rispetto alle SPT	Determinazione limite di liquidità	n°	1	solo terreni coesivi
Installazione tubo inclinometrico	n°	2	Lung. > L perforazioni per le colonne di prova	Determinazione limite di plasticità	n°	1	solo terreni coesivi
Misure inclinometriche	n°	2		Determinazione limite di ritiro	n°	1	solo terreni coesivi
Cross-hole tomografico	n° sez.	1		Determinazione del coefficiente di permeabilità mediante permeametro, a carico costante	n°	1	solo terreni coesivi
				Prova di compressione semplice ad espansione laterale libera con rilievo della curva sforzi-deformazioni	n°	3	solo terreni coesivi
				Prova di compressione triassiale	n°	1	solo terreni coesivi

PROVE DI CONTROLLO FINALI POST ESECUZIONE COLONNE DI PROVA							
Descrizione	U.M.	Quantità		Note	Descrizione	U.M.	Note
		Rosetta A	Rosetta B				
Ispezione visiva	-	SI	SI	fino a 4 m di profondità	Determinazione del peso di volume	frequenza	1 ogni 3 m su tutti i campioni selezionati
Perforazioni carotate verticali	n°	3	3	Lung. > L perforazioni per le colonne di prova	Determinazione del contenuto naturale d'acqua	frequenza	1 ogni 3 m su tutti i campioni selezionati
Perforazioni carotate inclinate con determinazione della traiettoria reale	n°	2	2		Prova di compressione semplice ad espansione laterale libera con rilievo della curva sforzi-deformazioni	frequenza	1 ogni 3 m su tutti i campioni selezionati
Prove Lefranc	frequenza	1 ogni 3 m	1 ogni 3 m	solo su carotaggi verticali	Determinazione del coefficiente di permeabilità mediante permeametro, a carico costante	n°	3 alle quote del tappo di fondo o del tampone IN/OUT TBM
Selezione campioni per laboratorio	frequenza	1 ogni 3 m	1 ogni 3 m	su tutti i carotaggi	Prove triassiali	n°	3 alle quote del tappo di fondo o del tampone IN/OUT TBM
Installazione tubo inclinometrico	n°	3	3	Lung. > L perforazioni per le colonne di prova			
Misure inclinometriche	n°	3	3				
Cross-hole tomografico	n° sez.	3	3				

NOTE RELATIVE AD ASPETTI GENERALI

I campi prova jet grouting dovranno essere sviluppati in conformità con le specifiche tecniche del Capitolato Speciale d'Appalto - Parte B - Sezione 9: Consolidamenti.

I campi prova dovranno essere almeno 4 e andranno ubicati in aree interessate dalla stessa tipologia di terreni entro cui si dovranno eseguire gli interventi di progetto.

L'ubicazione dei campi prova dovrà essere individuata dall'Appaltatore all'interno delle aree di cantiere e approvata dalla D.L. Le aree selezionate dovranno essere sottoposte a bonifica bellica, liberate da reti di sottoservizi eventualmente interferenti e bonificate da eventuali sostanze contaminanti.

La progettazione costruttiva dei campi prova è a carico dell'Appaltatore che la sottoporrà all'approvazione della D.L.

L'Appaltatore eseguirà inoltre, a proprie spese, una campagna di qualificazione dei prodotti impiegati e delle miscele ottenute, i cui risultati, se accettati dalla D.L., avranno valore di riferimento per i successivi controlli.

Sarà cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare attrezzature e modalità esecutive degli interventi di consolidamento adeguate alle condizioni ambientali, morfologiche, stratigrafiche e idrogeologiche dei terreni da consolidare. La scelta delle attrezzature e delle modalità esecutive dovrà essere sottoposta per approvazione alla D.L., che ne verificherà l'adeguatezza con il Progetto, il Programma dei Lavori e le Specifiche Tecniche.

Per i parametri minimi prestazionali del trattamento si dovrà fare riferimento ai seguenti valori:

- angolo di resistenza al taglio $\phi' \geq 36'$
- coesione drenata $c' \geq 150$ kPa
- modulo elastico $E \geq 450$ MPa.

Per i trattamenti sotto falda, dovrà anche essere garantita una riduzione della permeabilità tale da ottenere $K \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s.

OBBIETTIVO E STRATEGIA DEI CAMPI PROVA

I campi prova jet grouting hanno come obiettivo principale la scelta dei parametri operativi del trattamento, adeguati per ottenere colonne continue ed omogenee, con il diametro nominale di progetto, tra loro adeguatamente compenstrate e con le caratteristiche fisico-meccaniche richieste dalle specifiche tecniche di progetto.

Il progetto di campo prove è basato sulla seguente strategia:

- le colonne di prova saranno realizzate con una geometria identica a quella prevista in progetto; esse saranno disposte con la maglia di progetto su di una rosetta di 7 colonne, con quelle perimetrali disposte sui vertici di un esagono regolare e la settima nel centro dell'esagono;
- le colonne di prova saranno realizzate alle stesse profondità previste in progetto per i tappi di fondo delle stazioni e per i tamponi IN/OUT TBM;
- saranno sperimentati almeno due set di parametri operativi del trattamento per ciascun diametro provato;
- i risultati ottenuti saranno verificati in termini di continuità, omogeneità, diametro e caratteristiche fisico-meccaniche, mediante carotaggi a tutta profondità, prove in situ e ispezione visiva in testa colonne.

PRESCRIZIONI PER L'ESECUZIONE DELLE COLONNE

Le colonne delle rosette dovranno essere eseguite adottando sul perimetro una sequenza di primarie e secondarie, lasciando per ultima la colonna centrale, che sarà quindi una terziaria.

Su ciascuna rosetta non si dovranno eseguire più di 3 colonne al giorno e tutte della stessa tipologia (tutte primarie o tutte secondarie o la terziaria). Per ogni tipologia di colonna, a partire dalla seconda colonna della giornata la perforazione dovrà essere eseguita utilizzando come fluido di perforazione la stessa miscela cementizia prevista per il trattamento, al fine di non correre rischi di dilavamento della colonna adiacente già eseguita, ad opera di un diverso fluido di perforazione (acqua o sospensione bentonitica o polimerica).

Per la realizzazione delle colonne di prova sono prescritte:

- la registrazione dei parametri di perforazione;
- la misura della verticalità di tutte le colonne di prova, con un metodo affidabile e certificato;
- la registrazione dei parametri di jet-iniezione.

Le perforazioni dovranno essere eseguite con gli utensili più appropriati alle caratteristiche dei terreni da attraversare (si dovrà considerare anche la probabile diffusa presenza di "puddinghi").

In fase di perforazione dovranno essere misurati e registrati come minimo i seguenti parametri in funzione del tempo: profondità, velocità di avanzamento, velocità di rotazione, spinta, coppia, pressione del fluido di perforazione, portata del fluido di perforazione.

La jet-iniezione dovrà avere inizio immediatamente dopo il completamento della perforazione.

In fase di jet-iniezione, dovranno essere misurati e registrati come minimo i seguenti parametri in funzione del tempo: profondità, velocità di estrazione o tempo di stazionamento per ciascuno step, velocità di rotazione, pressione della miscela, portata della miscela, pressione dell'aria compressa, portata dell'aria compressa.

In considerazione del fatto che le Specifiche Tecniche di progetto sono del tipo prestazionale, la scelta dei parametri operativi è di esclusiva competenza e responsabilità dell'Appaltatore.

La scelta dei parametri operativi per le colonne con diametro nominale di progetto dovrà comunque soddisfare le seguenti prescrizioni minime:

- Rapporto A/C della miscela cementizia $\leq 1,0$,
- Energia Specifica di trattamento ≥ 24 MJ/m³,
- Volume unitario di miscela cementizia ≥ 600 l/m³,
- Quantitativo unitario di cemento ≥ 450 kg/m³.

I parametri operativi da utilizzare nei campi prova dovranno essere definiti in anticipo dall'Appaltatore e sottoposti alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio delle attività di sperimentazione.

Durante la fase di jet-iniezione dovrà sempre essere garantito il libero efflusso del refluo a bocca foro, fondamentale sia per la buona riuscita del trattamento in termini dimensionali, sia per evitare effetti indotti negativi sulle pressistenze. Qualora si dovesse verificare un'interruzione del flusso di refluo, la jet-iniezione dovrà essere immediatamente sospesa e dovranno essere adottate tutte le misure necessarie per il suo ripristino prima della ripresa del trattamento.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per contenere la dispersione del refluo sulla superficie e nell'ambiente circostante, aspetto particolarmente critico a causa della presenza dell'aria compressa come coadiuvante della miscela cementizia per la disaggregazione del terreno.

Dovranno inoltre essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per la gestione e lo smaltimento del refluo in accordo con la normativa vigente.

L'Appaltatore, almeno 15 giorni prima dell'inizio del campo prove, dovrà sottoporre alla Direzione Lavori una Procedura Esecutiva di dettaglio che contenga come minimo le seguenti informazioni:

- esatta ubicazione del campo prove nell'ambito dell'area di cantiere;
- pianta di dettaglio con la numerazione delle colonne e la sequenza esecutiva che si intende adottare;
- attrezzature e modalità esecutive impiegate per la perforazione (tipo di perforatore, tipo di utensile, diametro delle aste, diametro dell'utensile, tipo di fluido di perforazione, ecc...);
- composizione e caratteristiche della miscela cementizia per il trattamento;
- attrezzature e modalità esecutive impiegate per la jet-iniezione (tipo di pompa ad alta pressione, numero, diametro e corsa dei pistoni, cilindrata idraulica, tipo e capacità del compressore per l'aria, diametro flessibili alta pressione, ecc...);
- parametri esecutivi prescelti per il trattamento (numero e diametro ugelli, pressione e portata della miscela cementizia, pressione e portata dell'aria compressa, velocità di risalita, velocità di rotazione delle aste, volume unitario di miscela, quantitativo unitario di cemento, Energia Specifica di jet-iniezione, ecc...);
- controllo di qualità in fase esecutiva (tipo di strumentazione per la registrazione dei parametri, rapporto di esecuzione, diagrafie dei parametri di perforazione e di jet-iniezione, controlli sulle caratteristiche della miscela fresca, che come minimo devono comprendere densità, viscosità Marsh, resa volumetrica);
- eventuali ulteriori informazioni utili.

PROVE PRELIMINARI ANTE ESECUZIONE COLONNE DI PROVA

Le prove preliminari antecedenti l'esecuzione delle colonne di prova consisteranno in:

- n. 2 perforazioni a carotaggio continuo di lunghezza almeno uguale alla lunghezza delle perforazioni per le colonne di prova;
- prove penetrometriche SPT ogni 3 m su ambedue le perforazioni carotate;
- prove di permeabilità Lefranc ogni 3 m su ambedue le perforazioni carotate;
- selezione campioni per prove di caratterizzazione in laboratorio, ogni 6 m;
- installazione di tubo inclinometrico in ambedue le perforazioni carotate;
- su ambedue i tubi inclinometrici installati sarà eseguita la misura di deviazione dall'asse teorico della perforazione mediante sonda inclinometrica, al fine di conoscere con precisione l'interdistanza tra i tubi a ogni profondità;
- prova cross-hole tomografico "ante trattamento" nel terreno naturale, che sarà utilizzata come riferimento "zero" per la valutazione dei risultati delle prove cross-hole tomografiche "post trattamento";
- prove di laboratorio per la caratterizzazione del terreno naturale presente in sito.

CONTROLLI FINALI SULLE COLONNE DEI CAMPI PROVA

Le prove di controllo finali sul trattamento di prova, per ciascuna rosetta consisteranno in:

- n. 3 perforazioni a carotaggio continuo verticali in corrispondenza delle intersezioni tra 3 e 2 colonne e su una colonna a metà del raggio;
- n. 2 perforazioni a carotaggio continuo inclinate ad attraversare completamente le rosette di prova, con lo scopo di verificare il diametro delle colonne in profondità;
- prove di permeabilità Lefranc ogni 3 m nelle perforazioni a carotaggio verticali;
- selezione campioni di terreno consolidato per prove di laboratorio ogni 3 m di carotaggio;
- installazione di tubazione inclinometrica sulle 3 perforazioni a carotaggio verticali;
- su tutti i tubi inclinometrici installati, misura di deviazione dall'asse teorico della perforazione mediante sonda inclinometrica, al fine di conoscere con precisione l'interdistanza tra i tubi a ogni profondità;
- prove cross-hole tomografiche "post trattamento" tra i tubi inclinometrici installati;
- scavo al contorno delle colonne della rosetta per ispezione visiva;
- prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno trattato.

Per quanto concerne i carotaggi si specifica che:

- il carotiere da utilizzare dovrà essere del tipo "doppio", T6S, con diametro ≥ 130 mm;
- su tutti i fori carotati si dovranno eseguire le misure di deviazione dall'asse teorico mediante sistema affidabile e certificato;
- Lo scavo al contorno della testa delle colonne dovrà essere spinto fino alla profondità di almeno 4 m da p.c. La geometria e le dimensioni del gruppo di colonne dovranno essere rilevate per tutta l'altezza esposta e documentate mediante opportune sezioni verticali e orizzontali.
- Sui campioni prelevati dai carotaggi si dovranno eseguire prove in laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche; si dovranno come minimo controllare la densità, la resistenza a compressione semplice con misura continua delle deformazioni e il modulo elastico a rottura e a vari livelli di carico rispetto alla rottura e la permeabilità.
- Al termine del campo prove l'Appaltatore dovrà produrre la relazione finale riportante la descrizione dettagliata di tutte le attività di sperimentazione svolte e i risultati ottenuti dai controlli in corso d'opera e finali sulle colonne di prova.

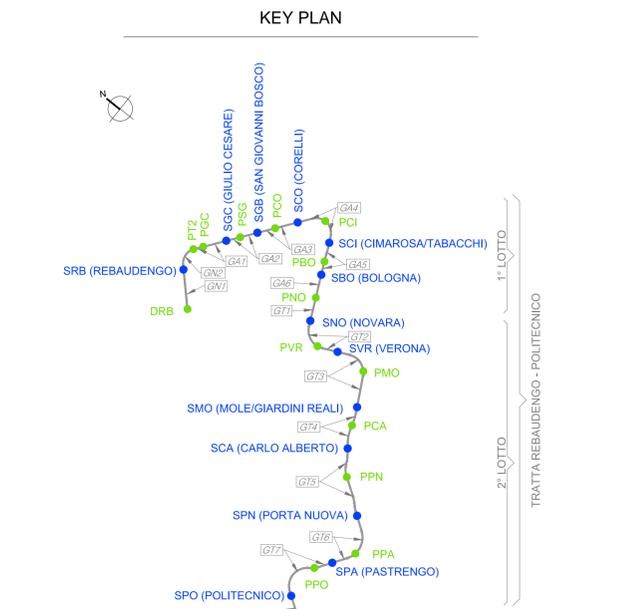


TABELLA DEI MATERIALI

Miscela cementizia		La composizione della miscela cementizia è da intendersi indicativa e dovrà essere definita nel dettaglio dall'Appaltatore in anticipo rispetto alle attività dei campi prova.
componenti	acqua e cemento	
tipo di cemento	qualsiasi CEM che soddisfa la UNI EN 197-1;	
rapporto Acqua/Cemento	s 1,0;	
densità	teorica + 2% / -1%;	
viscosità Marsh	≤ 35 s;	
resa volumetrica	$\geq 80\%$;	

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE

Mims
COMUNE DI TORINO
CITY OF TORINO

METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 - TRATTA POLITECNICO - REBAUDENGO
PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Generale: Politecnico - Rebaudengo

PROGETTO DEFINITIVO	INFRA.TO INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ	INFRASTRASPORTI.TO S.r.l.
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA	
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S	Ing. F. Rizzo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 933K	
SUBSIDENZE, PRESIDIO E MONITORAGGI		
INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI		
TIPOLOGICO CAMPO PROVE JET GROUTING		
ELABORATO		REV. 01
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		002
MTL2T1A0DPRCGNT		01
AGGIORNAMENTI		DATA
REV. 01		04/10/2023
DESCRIZIONE		DATA
PRIMA EMISSIONE		23/12/22
EMMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA		04/10/23
REDACTO CONTROL		PMa
APPROV. VISTO		FRi
RCr		RCr

Fig. 1 di 1

LOTTO 2	CARTELLA	10	2	MTL2T1A0D	PRCGNT002
----------------	-----------------	-----------	----------	------------------	------------------

STAZIONE APPALTANTE
DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ
Ing. R. Bertasio
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. A. Strozziro