

FERROVIE FEDERALI SVIZZERE FFS
Infrastrutture



SBB CFF FFS

**PROGRAMMA DETTAGLIATO DELLE INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E IDROGEOLOGICHE RELATIVO
AL PROGETTO DEL NUOVO CENTRO DI MANUTENZIONE IN TICINO E RELATIVE SOTTOSTRUTTURE, LINEA
600 - LUCERNA/ZURIGO-GOTTARDO-CHIASO,
TRATTO KM 145.600 – KM 148.00**



CONCETTO D'INDAGINE **GEOGNOSTICA DI PROGETTO**

del 03.03.2020

UID CHE - 382.327.963

email: mimmomazzaglia@gmail.com

info@geotecnico.ch

www.geotecnico.ch

Telephone: +41912257810

Mobile: +41764393463

1. PREMESSA

Ai fini di una corretta progettazione del **“NUOVO CENTRO DI MANUTENZIONE IN TICINO E RELATIVE SOTTOSTRUTTURE, LINEA 600 - LUCERNA/ZURIGO-GOTTARDO-CHIASO, NEL TRATTO KM 145.600 – KM 148.00”**, risulta necessaria la completa conoscenza dell’assetto geologico, idrogeologico e geotecnico e ambientale del sottosuolo in studio.

A tal proposito, con l’obiettivo di pervenire ad una razionale ed esaustiva caratterizzazione vertico-laterale del sottosuolo, è stata eseguita una analisi critica delle informazioni di base in relazione sia ai tracciati in esame, sia in rapporto ai singoli interventi progettuali.

2. CAMPAGNA GEOGNOSTICA DI PROGETTO

In considerazione delle opere previste in progetto e valutata la copertura spaziale dell’intero comparto ferroviario, è stato approntato un mirato concetto di indagine geognostica.

A tal fine è necessario definire, vista l’estrema variabilità dell’assetto stratigrafico ivi presente, la modellazione geotecnica adattandola agli impatti producibili sullo stato tensionale locale e di riflesso sulla funzionalità delle future opere edilizie.

Nel nostro caso le indagini sono state indirizzate in modo da raccogliere gli elementi occorrenti per:

- un progetto rigoroso che risponda alle condizioni economicamente più vantaggiose e che soddisfi le condizioni di sicurezza e di qualità delle opere;
- prevedere con sufficiente approssimazione alla determinazione del volume significativo da investigare in fase esecutiva;
- presumere una certa duttilità della copertura areale dei punti di prospezione onde evitare futuri supplementi d’indagine.
- stimare la risposta sismica del sito in relazione alle Norme SIA.

Nel caso di locali interrati si prevede di campionare il terreno anche al di sopra della quota delle fondazioni per la parametrizzazione necessaria alle valutazioni sulla stabilità dei fronti di scavo e l’eventuale calcolo della spinta sulle opere di contenimento.

Per poter ricostruire il modello geologico, idrogeologico, geotecnico del sottosuolo, nonché determinare la risposta sismica locale, si è reso necessario suddividere il progetto in due settori d'intervento (TAV.1):

- **SETTORE TP2 – CAPANNONE MULTIFUNZIONALE**
- **SETTORI TP3-TP4 – MANUFATTI ESTERNI AL CAPANNONE INDUSTRIALE**

SETTORE TP2 (TAV.1: colore rosso)

In relazione all'intervento progettuale previsto in quest'area, si presume l'esecuzione di:

- N.15 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della profondità di 25 m, con prelievo di campioni per analisi di laboratorio, esecuzione di prove S.P.T. e prove dilatometriche, compresa l'installazione di n.1 piezometro da 2";
- N.10 prove penetrometriche (DPSH/CPTU) della profondità di 25 m;
- N.3 indagini sismiche con il metodo MASW per la caratterizzazione del terreno dal punto di vista dinamico tramite la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio v_s degli strati di terreno presenti nel sito. In particolare si deve avere l'acquisizione del profilo delle velocità degli strati che compongono i primi 30 metri di profondità per la definizione dello spettro di risposta elastica e di dimensionamento sismico previsto dalla Norma SIA 261 ed. 2014 e successive;
- N. 6 indagini sismiche per l'acquisizione delle onde P e SH, per la determinazione dei parametri fisico-elastici e di taglio;
- N. 1 Indagine di tomografia elettrica 3D, con estensione in pianta intorno a 40.000 mq e profondità d'indagine non inferiore a 30 m per la ricostruzione tridimensionale della successione litostratigrafica, dell'andamento della falda freatica e del basamento impermeabile.

SETTORE TP3-TP4 (TAV.1: colore verde)

Nell'aree contermini l'edificio multifunzionale, invece si prevede, per il raggiungimento degli obiettivi sopraesposti, di eseguire le seguenti attività:

- N.4 sondaggi geognostici sub-orizzontali della lunghezza di 20 m, successivo campionamento di laboratorio geotecnico;
- N.18 sondaggi geognostici verticali della profondità di 10 m, con prelievo di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio;
- N.6 sondaggi geognostici verticali da 25 m di profondità, compresa l'installazione della strumentazione piezometrica da 2";

- N.4 trincee esplorative della profondità di 5 m;
- N. 15 prove penetrometriche (DPSH/CPTU) della profondità di 10 m;
- N.4 prove d'infiltrazione in pozzetto per la definizione della permeabilità.

L'attuazione delle indagini geognostiche e geofisiche di campagna potrà, per esigenze di verifica ed elaborazione dei dati, essere suddivisa in più fasi successive e distinte, fino al concorso delle quantità totali previste al fine di consentire l'esame dei dati ottenuti dopo ciascuno step di indagine e conseguentemente di aggiornare il piano in base ai nuovi elementi conoscitivi.

L'esecuzione delle prospezioni geofisiche dovranno precedere quella dei sondaggi e delle prove penetrometriche al fine di acquisire le informazioni preliminari per la programmazione delle successive indagini.

Tutti i campioni prelevati dovranno essere accompagnati da un'etichetta da applicare al contenitore, non degradabile per umidità, in cui vengono indicati: committente, cantiere, foro, numero d'ordine del campione, profondità, orientamento e data di prelievo.

Le risultanze delle analisi e delle prove geotecniche dovranno essere riportate in un elaborato contenente:

- descrizione dei campioni esaminati;
- un quadro riepilogativo di tutte le indagini, dal quale sinteticamente si possano rilevare le caratteristiche fisico-meccaniche dei campioni esaminati;
- una relazione esplicativa delle modalità seguite durante le analisi e le prove, ed illustrativa dei risultati ottenuti.

Sui campioni rimaneggiati prelevati nei sondaggi si effettueranno prove di laboratorio per la determinazione della composizione granulometrica e dove possibile saranno effettuate anche prove per la determinazione dei limiti di Atterberg (limite liquido e limite plastico), nonché le prove per la determinazione dell'angolo di resistenza al taglio efficace (ϕ')

I campioni indisturbati prelevati dai sondaggi, viceversa, saranno sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

- classificazione complete USCS / ESCS
- prova triassiale consolidata isotropicamente non drenata (TX-CIU), per la definizione della coesione non drenata (c_u);
- prove di compressione edometrica (ED-IL) per la determinazione del modulo edometrico e dei relativi parametri di deformabilità;

L'esecuzione delle prove penetrometriche (DPSH), da eseguirsi con rivestimento e nel rispetto della normativa ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - "Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure", dovranno restituire i seguenti parametri geotecnici per ciascun intervallo di lettura:

- interpretazione stratigrafica;
- coesione non drenata degli intervalli coesivi;
- angolo di attrito interno degli intervalli granulari;
- Peso di volume naturale (γ);
- Densità relativa (I_D);
- Angolo di resistenza al taglio efficace (ϕ');
- Coesione non drenata (c_u);
- Grado di sovraconsolidamento (O_{CR});
- Modulo confinato (M);
- Modulo di Winkler (k_w).

Laddove sarà consentito eseguire prove CPTU, in alternativa alle prove DPSH, si ricaveranno i seguenti parametri geotecnici verticali:

- Contenuto in materiale fine (FC);
- Peso di volume naturale (γ);
- Densità relativa (I_D);
- Angolo di resistenza al taglio efficace (ϕ');
- Coesione non drenata (c_u);
- Grado di sovraconsolidamento (O_{CR});
- Modulo confinato (M);
- Modulo di Winkler (k_w);
- Indice di compressibilità (c_c).

Dalle prove SPT in foro verranno individuate le singole unità litologiche, le modalità ed età della loro messa in posto, rapporti geometrici, definizione delle caratteristiche geotecniche e la profondità del livello idrico.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici desumibili da questa analisi:

- Densità relativa (I_D);
- Angolo di resistenza al taglio (ϕ');
- Coesione non drenata (c_u);

I dati rilevati nel corso della prova dilatometrica sono i valori della pressione corrispondente all'inizio del moto della membrana ed a uno spostamento prefissato e permettono, mediante correlazioni empiriche, di risalire alla stratigrafia del terreno, alla sua storia tensionale, alle caratteristiche di deformabilità e a quelle di resistenza, ovvero:

- Indice di materiale (I_d), correlato alla granulometria del materiale (sabbia, limo, argilla);
- Indice di spinta orizzontale (K_d);
- Modulo dilatometrico (E_d);
- Modulo edometrico ($M = 1/m_v$);
- Coesione non drenata (c_u);
- Angolo di resistenza al taglio (ϕ');
- Coefficiente di spinta orizzontale (k_o);
- Grado di sovraconsolidazione (O_{CR});

Le trincee esplorative saranno eseguite con escavatore e, durante l'esecuzione, inoltre, saranno state svolte le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico dei materiali;
- eventuale prelievo di campione rimaneggiato per l'esecuzione di analisi granulometriche in laboratorio.

Le prove di permeabilità in pozzetto saranno eseguite in scavo con pareti perfettamente verticali di forma quadrata in superficie, le cui dimensioni saranno di 1,00 m x 1,00 m e di 2,00 m in profondità. Esse permetteranno di identificare la permeabilità del sottosuolo alla profondità di progetto.

• SONDAGGI E PROVE PER TP2

N. 1 sondaggio L=25.00 ml + piez. 2"
N. 12 sondaggi L=25.00 ml + SPT + DMT
N. 2 sondaggi amb. L=25.00 ml
N. 10 DPSH/CPTU L=25.00 ml

N. 12 sondaggi, totale 72 campioni: N. 36 a granulometria grossolana N. 36 di materiale fine
TERRENI A GRANULOMETRIA GROSSOLANA
<ul style="list-style-type: none"> - N. 36 granulometrie - N. 30 prove di taglio diretto
TERRENI A GRANULOMETRIA FINE
<ul style="list-style-type: none"> - N. 36 classificazioni complete USCS / ESCS - N. 6 prove edometriche, ognuna delle quali con 2 prove di permeabilità (una a 200 kPa e una a 1600 kPa) - N. 6 prove triassiali consolidate non drenate (TX-CIU)

Sondaggi geofisici
N.1 Indagine tomografia elettrica 3D (estensione in pianta c.a. 40000 mq e profondità di indagine 30 m)
N.3 Indagini per onde superficiali MASW (profondità di indagine 30 m)
N.6 Indagini di tomografia sismica per onde di volume (P ed SH)
N.1 Rilievo piano altimetrico tratte investigate
N.3 Indagini HVSR
Elaborazione e restituzione dati

- **SONDAGGI E PROVE PER TP3-TP4**

Nr.4 sondaggi amb. L=10.00 ml
Nr.7 sondaggi amb. L=25.00 ml
Nr.6 sondaggi L=25.00 ml + SPT + piez.2"
Nr.7 sondaggi L=10.00 ml + SPT
Nr.4 sondaggi orizzontali L=20.00 ml
Nr.15 DPSH/CPTU L=10.00 ml

N. 10 sondaggi, totale 30 campioni: N. 15 a granulometria grossolana N. 15 di materiale fine
TERRENI A GRANULOMETRIA GROSSOLANA N. 15 granulometrie N. 10 prove di taglio diretto
TERRENI A GRANULOMETRIA FINE N. 15 classificazioni complete USCS / ESCS N. 6 prove edometriche, ognuna delle quali con 2 prove di permeabilità (una a 200 kPa e una a 1600 kPa) N. 6 prove triassiali consolidate non drenate (TX-CIU)
Fori orizzontali su rilevati, 4 sondaggi, totale 8 campioni tutti presumibilmente di taglia grossolana: Analisi su terreni grossolani: N. 8 granulometrie N.8 prove di taglio diretto

- **TRINCEE GEOGNOSTICHE E PROVE DI INFILTRAZIONE IN POZZETTO**

Opere di scavo e, riempimento e sistemazione cantiere: N. 4 trincee di scavo di 5 m di profondità e di superficie di 2,00 m x 2,00 m. N. 4 scavi con pareti verticali da 1 m x 1 m e per una profondità massima di 3,00 m. Trasporto macchinari al e dal cantiere
--