

**Dott. Geol. Lorenzo Sedda**  
Via C. Colombo 1/b/2  
52100 Arezzo

**Spett.le Amm.ne Provinciale di Arezzo**  
**Piazza della Libertà, 2**  
**52100 Arezzo**

*Alla cortese attenzione  
dell'Ing. Paolo Bracciali*

**OGGETTO: INDICAZIONE DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA RITENUTA NECESSARIA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA VIABILITA' ALTERNATIVA DI COLLEGAMENTO TRA AREZZO E LA ZONA DEL VALDARNO SUPERIORE, COSTITUITO DA VARIANTE ALLA PROVINCIALE N. 1 "DEI SETTEPONTI" CON NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO.**

Facendo seguito alla Determinazione Dirigenziale n. 1491 del 27.10.2020, con cui veniva allo scrivente affidata la redazione della relazione geologica a supporto del progetto di cui all'oggetto, con la presente si trasmette la descrizione della campagna geognostica ritenuta necessaria.

Unitamente alla descrizione delle indagini si allega anche un computo metrico ricavato dal Prezziario Opere Pubbliche per la Provincia di Arezzo (Anno 2020) e dal Prezziario Cratere Italia Centrale (per le voci di costo non ricomprese nel Prezziario OO.PP della Provincia di Arezzo).

### **CAMPAGNA GEOGNOSTICA PROPOSTA**

L'elaborato tecnico predisposto per l'ottenimento dei finanziamenti prevede la realizzazione di un ponte strallato ad unica campata le cui fondazioni insisteranno senz'altro su pali. Il ponte sarà connesso alla viabilità di progetto mediante rampe in rilevato, ed in rilevato sarà – presumibilmente – tutto il tracciato viario di progetto. Il progetto prevede peraltro l'adeguamento della S.P. n. 56 dello Spicchio, mediante allargamento della carreggiata verso valle – in rilevato – o verso monte ricorrendo a modesti sbancamenti.

La campagna geognostica proposta sarà pertanto finalizzata all'ottenimento dei parametri geotecnici e sismici necessari alla predisposizione di un livello di progettazione, benché preliminare, adeguato all'importanza dell'opera.

Ai fini di una corretta caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati dalla realizzazione delle fondazioni profonde per il ponte si propone l'esecuzione di due sondaggi a carotaggio continuo – in destra ed in sinistra idrografica – che permettano di raggiungere il substrato lapideo con caratteristiche di substrato sismico. L'esecuzione dei due sondaggi consentirà altresì il prelievo di campioni indisturbati per le opportune prove di laboratorio geotecnico, oltreché l'installazione di tubo in PVC per l'esecuzione rigorosa di una prova sismica in foro Down Hole. In posizione contigua ad uno dei due carotaggi si propone l'esecuzione di una prova dilatometrica, spinta fino ad una profondità di 30 metri se concesso dalla natura coesiva dei terreni attraversati, e dai corrispondenti limiti strumentali dell'apparecchiatura di prova.

Lungo il tracciato della viabilità di progetto – realizzata quasi totalmente in rilevato – si ritiene opportuno indagare, pur speditamente, l'andamento della superficie piezometrica degradante verso il livello di scorrimento del Fiume Arno. A questo scopo si propone l'esecuzione di 6 prove penetrometriche, in configurazione statica (CPT) inizialmente e, in ragione della verosimile presenza di uno spessore in superficie di terreni grossolani, da proseguirsi in configurazione dinamica (DPSH); tre delle prove di cui sopra andranno attrezzate con tubo micropiezometrico.

Lungo la viabilità di progetto in rilevato, nei tratti compresi tra il ponte ed il collegamento rispettivamente con la S.P. n. 56 dello Spicchio e con la S.P. n. 1 dei Setteponti, si propone l'esecuzione di 6 misure di microtremore in stazione singola HVSR: avranno lo scopo di fornire indicazioni sulla profondità del substrato sismico impedente lungo un transetto trasversale al Fiume Arno.

## SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Si propone l'esecuzione di due sondaggi in posizione quanto più possibile corrispondente a quella definitiva di realizzazione delle strutture fondali del ponte. Uno dei due dovrà attestarsi, per alcuni metri (almeno 10 metri), all'interno del substrato lapideo arenaceo, localmente rinvenibile ad una profondità compresa tra 30 e 50 metri. A questo scopo si consiglia di preventivare un sondaggio profondo da 60 metri.

L'altro sondaggio dovrà comunque raggiungere la profondità di 30 m dal piano campagna.

Allorquando dovessero rendersi sufficienti perforazioni meno profonde le quantità non realizzate non verrebbero contabilizzate dalla ditta incaricata delle indagini geognostiche. Viceversa, se il substrato lapideo con caratteristiche di substrato sismico dovesse essere rinvenuto a profondità maggiori di quelle ipotizzate con le presenti note, si renderebbe necessaria l'esecuzione del sondaggio profondo con profondità superiore: in quel caso alla ditta incaricata della realizzazione delle indagini geognostiche dovrà essere riconosciuta la differenza non preventivata.

Nonostante non possa essere ipotizzata la profondità di imposta delle strutture fondali, si ritiene fondamentale spingere infatti almeno una delle due perforazioni fino al substrato lapideo con caratteristiche di substrato sismico; è infatti intenzione dello scrivente elaborare una risposta sismica locale finalizzata alla determinazione dello spettro di progetto per la progettazione strutturale: quest'ultima risulta attendibile unicamente se il substrato che trasmette l'input sismico risulti adeguatamente indagato in termini di Vs e Vp (indagini sismiche Down Hole).

**In un contesto territoriale come quello dell'area interessata dalla realizzazione delle opere, riveste fondamentale importanza la logistica delle aree di cantiere: si consiglia il ricorso a sonde cingolate essendo verosimile – almeno in destra idrografica – la realizzazione del sondaggio in un appezzamento agricolo senza accessi carrabili.**

Pur considerando esigenze tempistiche molto stringenti, deve essere tenuto in considerazione che i sondaggi a carotaggio continuo dovranno essere pianificati in stagioni e periodi caratterizzati da un rischio di esondazione del Fiume Arno considerabile marginale.

Più in dettaglio, si propone l'esecuzione di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, di profondità pari a 60 e 30 metri. Ogni sondaggio permetterà:

- il prelievo di n. 3 campioni indisturbati mediante fustella Shelby, a carico dei terreni argillosi presumibilmente rinvenuti
- il prelievo di n. 1 campione disturbato a carico della copertura sabbioso-ghiaiosa
- l'esecuzione di n. 8 prove SPT
- l'installazione di tubo in PVC per l'esecuzione della prove Down Hole nel sondaggio più profondo

I campioni saranno avviati al laboratorio geotecnico; sulla globalità dei campioni (n. 6 indisturbati e n. 2 disturbati) saranno svolte le seguenti prove di laboratorio geotecnico:

- n. 8 granulometrie
- n. 6 determinazioni del peso di volume e del contenuto naturale di acqua
- n. 6 determinazioni dei Limiti di Atterberg
- n. 6 prove triassiali consolidate non drenate (TXXCU)
- n. 6 prove triassiali non consolidate non drenate (TXXUU)
- n. 4 prove edometriche

Per la realizzazione della prova dilatometrica – vd. punto successivo – si ritiene necessaria l'esecuzione di un preforo mediante carotaggio a distruzione finalizzato ad isolare lo strato ghiaioso in superficie. Il foro, la cui profondità presumibile sarà di circa 5/7 metri e suscettibile tuttavia di modeste variazioni, sarà poi perfezionato con la posa in opera di un tubo in PVC forato o microfessurato con diametro interno superiore a 10 cm, superiore cioè alla larghezza della lama di acciaio del dilatometro Marchetti. L'intercapedine tra foro e tubazione sarà intasata con sabbia. Nel dettaglio, questa ulteriore necessità operativa determinerà la realizzazione di un ulteriore sondaggio a distruzione di nucleo caratterizzato dalle seguenti specifiche:

- profondità di 7 metri
- perfezionamento del foro con posa in opera di tubo in PVC, microfessurato o forato mediante fresature, con diametro interno superiore a 10 cm
- intasamento dell'intercapedine tra tubo e pareti del foro con sabbia

## PROVA DILATOMETRICA

Si ritiene che, ai fini del raggiungimento del più vantaggioso bilancio tra costi e benefici, laddove per benefici si debba intendere anche la necessità di ottenere i più attendibili parametri geotecnici utili alla progettazione, debba essere realizzata – in contiguità ad un sondaggio a carotaggio continuo – una prova dilatometrica. Oltre a fornire un'assai attendibile parametrizzazione in termini di resistenza al taglio dei terreni indagati, consente di ricavare i corretti parametri di deformabilità e comprimibilità degli stessi.

Il metodo di prova tuttavia risulta veramente affidabile, oltre che operativamente fattibile, solo se realizzato su terreni coesivi; ben si capisce pertanto come lo spessore ghiaioso posto in superficie al di sopra della facies argilloso-limosa debba necessitare di un preforo che ne consenta un agevole attraversamento da parte della strumentazione di prova. Per le specifiche tecniche di tale preforo si veda il punto precedente.

In dettaglio, si propone l'esecuzione di una prova dilatometrica, avente queste caratteristiche:

- profondità, compatibilmente con la possibilità di attraversare terreni coesivi normalconsolidati o debolmente sovraconsolidati e con i limiti intrinseci della strumentazione di prova, pari a 30 metri.

## PROVE PENETROMETRICHE

Lungo il tracciato della viabilità di progetto ed oggetto di adeguamento si propone l'esecuzione di sei prove penetrometriche; dette prove, iniziate in modalità statica (CPT) e solo alla constatata impossibilità di continuare la penetrazione in ragione della natura grossolana dei terreni che caratterizzano i primi metri proseguite eventualmente in modalità dinamica (DPSH), permetteranno lo speditivo riconoscimento del contesto geotecnico su cui insisteranno le opere in rilevato.

Tre delle prove verranno poi attrezzate con tubo micropiezometrico per la verifica ed il monitoraggio della soggiacenza del locale livello piezometrico. Nel dettaglio, si propone l'esecuzione di:

- n. 6 prove penetrometriche statiche (CPT), mutate in prove penetrometriche dinamiche (DPSH) solo ad avvenuta constatazione dell'impossibilità di attraversare lo strato ghiaioso caratterizzante i primi metri;
- ogni prova raggiungerà la profondità di 10 m dal piano campagna;
- n. 3 prove saranno attrezzate con tubo micropiezometrico.

**Si consiglia il ricorso a penetrometri semoventi cingolati essendo verosimile la realizzazione delle prove in appezzamenti agricoli senza accessi carrabili.**

## INDAGINE SISMICA DOWN HOLE

Ai fini di una dettagliata ricostruzione sismo-stratigrafica della successione alluvionale posta in discordanza sul substrato lapideo con caratteristiche di substrato sismico, si ritiene necessaria l'esecuzione di un'indagine sismica in foro di tipo Down Hole, sul foro del sondaggio profondo attrezzato con opportuno tubo in PVC.

L'indagine sismica di tipo Down Hole risulta essere di insostituibile importanza allorquando, come nel caso in oggetto, si volesse predisporre una risposta sismica di sito.

Nel dettaglio si propone l'esecuzione di:

- n. 1 indagine sismiche di tipo Down Hole, realizzate con passo pari ad un metro, sia con onde P che Sh.

## MISURE DI MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA HVSR

Lungo lo sviluppo della nuova viabilità di progetto, di collegamento tra le S.P. dello Spicchio e dei Setteponti con il nuovo ponte sul Fiume Arno, si ritiene utile realizzare 6 misure di microtremore a stazione singola HVSR; le misure permetteranno una discriminazione della profondità del substrato lapideo impedente lungo un transetto trasversale al Fiume Arno.

Nello specifico, si ritiene di proporre l'esecuzione di:

- n. 6 misure di microtremore a stazione singola HVSR con durata minima pari a 20 minuti.

**CRONOPROGRAMMA DELLE INDAGINI**

A parere dello scrivente appare prioritaria l'esecuzione dei due sondaggi a carotaggio continuo: per l'esecuzione degli stessi si devono considerare circa **10-15 giorni lavorativi**. Per questo motivo, pur considerando esigenze tempistiche molto stringenti, deve essere tenuto in considerazione che i sondaggi a carotaggio continuo dovranno essere pianificati in stagioni e periodi caratterizzati da un rischio di esondazione del Fiume Arno considerabile marginale.

I campioni indisturbati prelevati in avanzamento di carotaggio dovranno essere immediatamente conferiti presso il laboratorio geotecnico affinché possano iniziare subitaneamente le previste prove di caratterizzazione geotecnica. Per l'esecuzione delle suddette prove di laboratorio si ritiene di dover considerare un tempo di **20-25 giorni lavorativi**, parzialmente sovrapponibili a quelli inerenti la realizzazione dei sondaggi.

L'indagine sismica di tipo Down Hole deve essere realizzata dopo un congruo periodo di maturazione della cementazione posta in opera nell'intercapedine tra foro e tubazione in PVC; **la prova Down Hole verrà realizzata non prima di 25 giorni dalla fine del carotaggio profondo.**

Immediatamente dopo l'esecuzione dei sondaggi, e quindi in contemporanea con il periodo di realizzazione delle prove di laboratorio, potranno essere realizzate le prove penetrometriche e le misure di microtremore a stazione singola HVSR.

Per la conclusione delle indagini di cui alle presenti note, si ritiene pertanto necessario un tempo pari a circa 40-50 giorni lavorativi, dipendente come è ovvio dall'andamento delle condizioni metereologiche.

AREZZO 28.10.2020

In fede

Dott. Geol. Lorenzo Sedda

