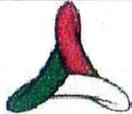




PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



IL VICE SEGRETARIO GENERALE
Dot.ssa *Pierina Martinelli*

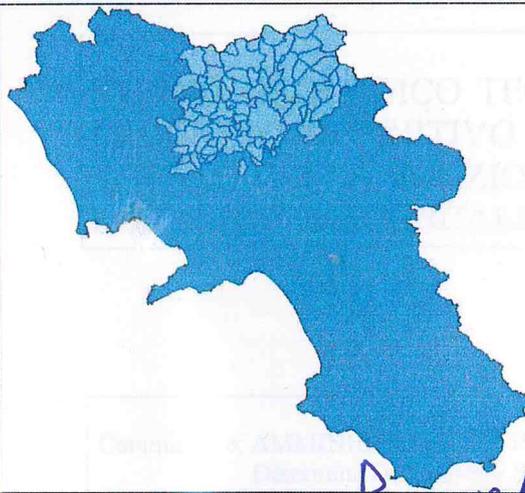
Il Segretario Generale
Dr. Franco Nardone

Commissario Delegato

O.c.d.p.c. n. 298 del 17.11.2015 e n. 303 del 03.12.2015

*Interventi urgenti di cui all'articolo 1, comma 3 lett.c)
dell'OCDPC n. 298/2015 finanziati ai sensi degli artt. 3 del
ODCPC 298/2015 e 303/2015*

RIPRISTINO TOTALE FUNZIONALITA' DEL PONTE SUL FIUME UFITA IN LOCALITA' APICE SCALO CON RELATIVA DIFESA IDRAULICA



Soggetto Attuatore del Commissario
Delegato
PROVINCIA di BENEVENTO

Codice intervento:

00/U/107

Per esecuzioni:

Progetto strutture



Responsabili scientifici

Idraulica: Nicola Fontana
Strutture: Maria Rosaria Pecce
Geotecnica: Stefania Sica

Gruppo di Progettazione

Arch. Raffaele Rabuano

Arch. Carminantonio De Santis

Supporto Tecnico-Scientifico



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

Responsabile Unico del Procedimento

Ing. *Gennaro Fusco*



Approvato con Deliberazione n. *174* del *14-6-2016*

Adottata dal Presidente della Provincia di Benevento

Adottata dal Presidente della Provincia di Benevento

Studio geologico

Dott. Geol. Claudio SACCO

Il Segretario Generale

Dr. Franco Nardone

Il Segretario Generale

Dr. Franco Nardone

Data: MAGGIO 2016

PROGETTO DEFINITIVO

Art. 24 D.P.R. 05.10.2010 n. 207

Titolo Elaborato:
STUDIO GEOLOGICO TECNICO E GEOGNOSTICO

COMUNE di
APICE

Codice elaborato:

3 - R

Scala:

REGISTRO UFFICIALE

Protocollo: **0025046** INGRESSO

Data: **04/04/2016**

Ora: **12:36**

Dr. Geol. Claudio SACCO
Via Giuseppe Verdi – 29 -
83030 VENTICANO (AV)
Portatile 348 – 77.39.534
e-mail – claudiosacco4@virgilio.it

**AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE
DI BENEVENTO**

**STUDIO GEOLOGICO TECNICO E GEOGNOSTICO A SUPPORTO DEL
PROGETTO DEFINITIVO DEI LAVORI URGENTI PER IL RIPRISTINO
TOTALE DELLA FUNZIONALITA' DEL PONTE SUL FIUME UFITA IN
LOCALITA' APICE SCALO CON RELATIVA DIFESA IDRAULICA.**

Committente: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BENEVENTO
Determina Dirigenziale N. 157/06 del 22/03/2016

Venticano li, Aprile 2016

Il Geologo

Dr. Claudio SACCO



SOMMARIO DEI PARAGRAFI

PREMESSA

PARTE I - RELAZIONE GEOLOGICA

STUDI GEOLOGICO TECNICI EFFETTUATI SUL TERRITORIO COMUNALE

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

Carta Geolitologica

Sezione Geolitologica

Particolare della Carta Geolitologica

Sezione Geolitologica dell'alveo (Prima dell'alluvione)

MORFOLOGIA E MORFOEVOLUZIONE

Carta delle Aree a Rischio secondo il vigente PSAI

Carta Morfologica ante e post alluvione

Carta dei Dissesti

IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

Carta Idrogeologica ante e post alluvione

PARTE II – RELAZIONE GEOTECNICA

DESCRIZIONE E RISULTANZE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sondaggi Meccanici

Modello stratigrafico

Prove SPT in foro

Campionature dei terreni

Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Carta delle Indagini Geognostiche

Sezioni Stratigrafiche e Geotecniche

CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE GENERALI

Tipologia fondale e piano di posa delle fondazioni

Verifica del carico limite

PARTE III – RELAZIONE SISMICA

Caratterizzazione e modellazione sismica del sito

Classificazione del sottosuolo

Valutazione dell'azione sismica

Risposta Sismica Locale

NOTE CONCLUSIVE

ELENCO DEGLI ALLEGATI AL TESTO

PREMESSA

L'Amministrazione Provinciale di Benevento per redigere il Progetto Definitivo dei “Lavori Urgenti di Ripristino Totale della Funzionalità del ponte sul Fiume Ufita, con relativa Difesa Idraulica”, sito in località Apice Scalo, con Determina Dirigenziale N.157/06 del 22/03/2016, ha richiesto allo scrivente lo studio geologico tecnico e geognostico ai sensi del D.M. 14.01/2008 (NTC).

Lo studio è stato svolto secondo un programma a fasi successive che hanno permesso di valutare gli aspetti geologici, geotecnici e sismici dell'area i quali verranno descritti singolarmente nel loro specifico contesto e, cioè:

PARTE I - RELAZIONE GEOLOGICA

STUDI GEOLOGICO TECNICI EFFETTUATI SUL TERRITORIO COMUNALE

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

Carta Geolitologica

Sezione Geolitologica

Particolare della Carta Geolitologica

Sezione Geolitologica dell'alveo (Prima dell'alluvione)

MORFOLOGIA E MORFOEVOLUZIONE

Carta delle Aree a Rischio secondo il vigente PSAI

Carta Morfologica ante e post alluvione

Carta dei Dissesti

IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

Carta Idrogeologica ante e post alluvione

PARTE II – RELAZIONE GEOTECNICA

DESCRIZIONE E RISULTANZE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sondaggi Meccanici

Modello stratigrafico

Prove SPT in foro

Campionature dei terreni

Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Carta delle Indagini Geognostiche

Sezioni Stratigrafiche e Geotecniche

CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE GENERALI

Tipologia fondale e piano di posa delle fondazioni

Verifica del carico limite

PARTE III – RELAZIONE SISMICA

Caratterizzazione e modellazione sismica del sito

Classificazione del sottosuolo

Valutazione dell'azione sismica

Risposta Sismica Locale

NOTE CONCLUSIVE

PARTE I - RELAZIONE GEOLOGICA

STUDI GEOLOGICO – TECNICI EFFETTUATI SUL TERRITORIO

La ricerca degli studi geologico – tecnici effettuati sui territori comunali di Apice e S. Arcangelo Trimonte è stata fatta presso gli Uffici Tecnici con la fattiva collaborazione degli addetti.

L’esito della ricerca è stato abbastanza corposo per l’abbondante numero di indagini giacenti presso gli uffici; molte di esse, però, sono state effettuate ai sensi della ex legge 219/81 e s. m. i. e dei vari Decreti del Ministero dei LL.PP., emanati ai sensi degli artt. 1 e 3 della legge 2.2.74 N.64, a supporto dei progetti di ricostruzione post-sisma e dell’attività edilizia privata.

Di tutte le indagini geologiche consultate sono state di valido aiuto quelle allegate agli strumenti urbanistici, ai sensi della L. R. N.9/83 e L.R. N.16/2004, e quelle relative ad Opere Pubbliche di una certa rilevanza.

Tuttavia, un particolare riferimento per il presente studio sono stati i seguenti elaborati:

- ✚ *Studio geologico tecnico e geognostico a supporto del Progetto Preliminare, redatto dallo scrivente nel mese di Novembre 2014;*
- ✚ *“Rapporto Prove” della campagna di indagini geognostiche, eseguita nel Mese di Febbraio 2015 dall’Impresa Tecno In Spa nell’ambito del Progetto di Ricerca STRIT – PON01-02366 (Strumenti e Tecnologie per la gestione del Rischio delle Infrastrutture di Trasporto).*

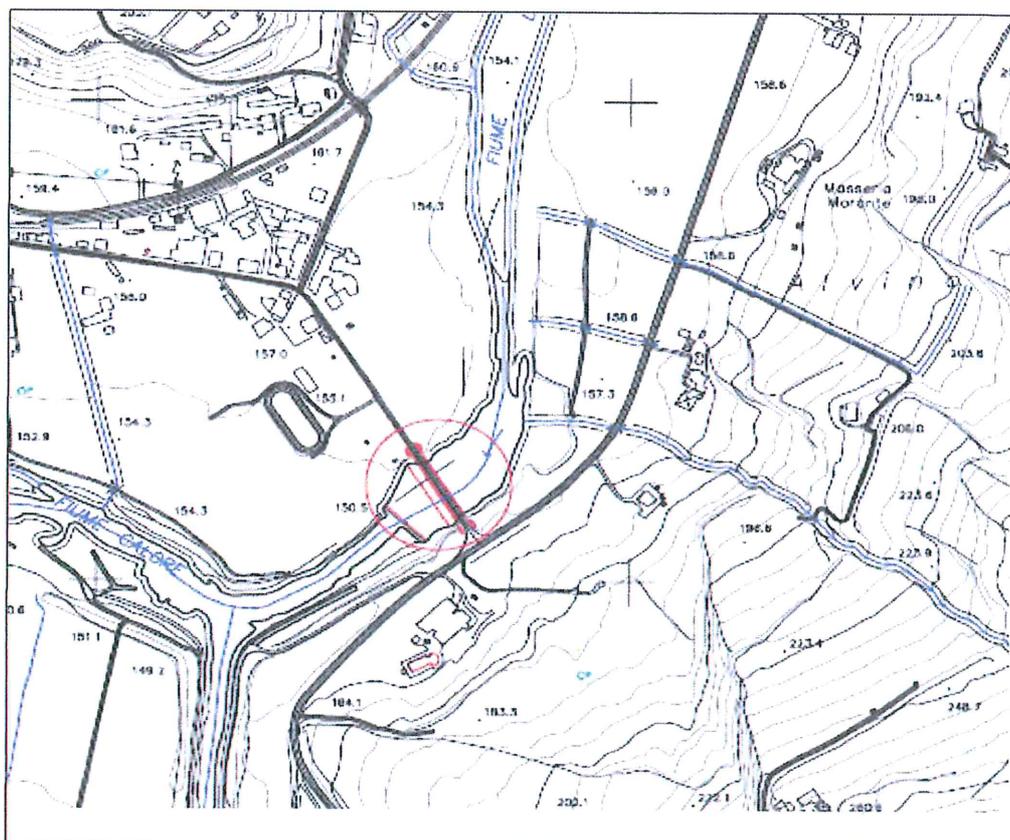
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Lo spazio geografico interessato dallo studio comprende la località Apice Scalo a cavallo del confine tra il Comune di Apice e quello di S. Arcangelo Trimonte (BN).

L'area di più stretto interesse è il tratto di alveo del Fiume Ufita compreso tra le quote 155 e 150 metri s.l.m. e situato a monte della confluenza del F. Ufita con il F. Calore ad una distanza di circa 250 metri dalla stessa.

I versanti che dal tratto di alveo si sviluppano verso monte hanno un profilo asimmetrico; quello orientato verso S. Arcangelo T. si presenta pianeggiante nella fascia laterale del fiume ed abbastanza acclive nella zona in prosecuzione; viceversa quello orientato verso Apice Vecchia si presenta più o meno regolare con gradienti di pendenza dell'ordine del 20-25%; essi sono interessati da fenomeni gravitativi che unitamente alle rotture di pendio, legate alla presenza di orizzonti competenti, determinano la formazione di profili trasversali sia concavo-convessi che a gradoni.

Come si evince dalle immagini aeree e dalle osservazioni in loco, i terreni circostanti sono utilizzati per attività agricola con una densità abitativa bassa in abitazioni isolate o organizzate in piccoli nuclei.



INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Lo spazio geografico in esame ricade nel Foglio 173 - Benevento, della Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000.

Esso si colloca in un settore esterno della catena Appenninica il cui assetto strutturale è il risultato di varie fasi tettoniche: le più antiche, prevalentemente Mioceniche, sono state di tipo compressivo, mentre alle più recenti, Plio-Quaternarie, sono legati i rapidi movimenti disgiuntivi di sollevamento che hanno dato luogo alla catena appenninica, modificando le strutture sinsedimentarie precedenti.

L'Appennino meridionale è un segmento del sistema orogenico circum-Mediterraneo, compreso tra l'Appennino centrale e l'Arco Calabro, la cui evoluzione tardo-miocenica e pliocenica si colloca in un contesto di tettonica post-collisionale, legato alla complessa interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le altre microzolle interposte (ALVAREZ *et alii*, 1974; ROURE *et alii*, 1991; GUERRERA *et alii*, 1993).

Esso, è una catena a falde, con vergenza orientale, originatasi a partire dal Miocene inferiore per subduzione verso ovest (*sensu* DOGLIONI, 1991) e dal Tortoniano superiore per arretramento flessurale della litosfera adriatico-apula (MALINVERNO & RYAN, 1986; PATACCA & SCANDONE, 1989; DOGLIONI, 1991; DOGLIONI *et alii*, 1991), nella quale si alternano sedimenti carbonatici e sedimenti terrigeni a luoghi ricoperti da depositi quaternari.

L'attuale assetto strutturale dell'Appennino meridionale è il risultato di eventi, compressivi, distensivi e trascorrenti, connessi alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica, cui si accompagna, sul bordo interno della catena, a partire dal Tortoniano, l'estensione connessa all'apertura del bacino di retroarco tirrenico (SARTORI, 1989; PATACCA *et alii*, 1990).

La propagazione spazio-temporale dell'onda di compressione-estensione, iniziata a partire dai domini interni nel Miocene inferiore-medio, è proseguita fino al raggiungimento dell'attuale configurazione, che mostra la catena appenninica e l'avanfossa limitate dall'area tirrenica in distensione ad occidente e dall'avampaese apulo-adriatico poco deformato ad oriente. Gli eventi compressivi sembrano essersi esauriti nel corso del Pleistocene (CINQUE *et alii*, 1993).

Le attuali unità stratigrafico-strutturali dell'Appennino Meridionale sono derivazioni, quindi, di unità tettoniche la cui genesi è legata alla deformazione di unità paleogeografiche preesistenti, identificabili con piattaforme carbonatiche e relativi bacini intermedi. Tali unità paleogeografiche hanno subito, dal Miocene al Pliocene, tutta una serie di complessi eventi tetto-genetici, originando sradicamenti, traslazioni e sovrascorrimenti delle “unità interne” verso l'avampaese apulo. In particolare, con la fase Langhiana, si verificarono importanti movimenti traslativi che diedero origine ad un nuovo bacino denominato “Bacino Irpino”.

La sedimentazione, a carattere prevalentemente torbiditico, nel Bacino Irpino, è proseguita fino al Tortoniano allorché ulteriori movimenti traslativi ne decretarono la scomparsa. Dal Tortoniano al Pliocene medio le varie unità della Catena vennero ulteriormente traslate verso l'Avampese. Nel Plio-Pleistocene, in seguito a movimenti orogenetici a carattere prevalentemente distensivo, si generarono due principali sistemi di faglie, rispettivamente a direzione appenninica e antiappenninica che determinarono la formazione di diversi bacini intra-appenninici come quello di Ariano Irpino e di Sant'Arcangelo (D'ARGENIO et alii, 1975).

L'area in esame è caratterizzata in affioramento da Argille e marne siltose, grigie e varicolori, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi avana o verdastri, di calcareniti verdastre con liste di selce bruna, di arenarie talora grossolane (M4-1) riferibili all'Oligocene-Miocene inf. in contatto con argille ed argille sabbiose grigio giallastre (Pag), sabbie ed arenarie, giallastre, puddinghe e argille sabbiose (Ps) di età pliocenica.

Il Foglio 432 – Benevento - relativo al progetto C.A.R.G. conferma in parte la ricostruzione del Foglio Geologico in scala 1:100.000; si hanno “Argilliti varicolori, marne calcaree, marne argillose; calcari marnosi, marne grigie e calcareniti torbiditiche; selce in strati medio-sottili (AVR3) – Membro argillitico di Montaperto” in contatto stratigrafico e non più tettonico con “Peliti grigiastre in strati da medi a spessi, talora anche molto spessi, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati medio-sottili (BNA2) – Membro pelitico-arenaceo del F. Misciano.

I depositi del Pliocene Medio Superiore, affioranti per diverse decine di Km², sono prevalentemente costituiti da litologie a granulometria grossolana ed, in subordine, da litologie a granulometria da fine a finissima; infatti, l'affioramento è costituito da puddinghe più o meno cementate, e da conglomerati poligenici con alternanza di livelli sabbiosi, sabbioso – argilloso ed arenacei.

I depositi più superficiali del Pleistocene, non si discostano molto da quelli descritti in precedenza per quanto attiene la composizione granulometrica delle litologie costituenti i depositi stessi; si distinguono litologie conglomeratiche più o meno classate e stratificate, livelli sabbiosi e argilloso – sabbiosi.

Le differenze sostanziali tra i depositi sono il grado di cementazione ed il meccanismo deposizionale; i primi (quelli attribuiti al Pliocene Medio), con un certo grado di cementazione, appartengono a formazioni marine, i secondi (Quelli attribuibili al Pleistocene) appartengono a formazioni continentali e, rispetto ai primi, sono per lo più sciolti o scarsamente cementati.

Dal punto di vista strutturale non è stato possibile effettuare misurazioni di strato sia per la presenza della coltre di copertura sia perché la giacitura dei depositi non presenta una vera e propria stratificazione; trattasi, infatti, di litologie ammassate.

ubicazione topografica dei vari depositi ed alla loro estensione areale, particolare attenzione è stata rivolta alla loro consistenza e granulometria, caratteristiche importanti ai fini della stabilità dei pendii e della propagazione delle onde sismiche.

I depositi, classificati in base alla loro genesi, sono stati distinti in:

- *Depositi alluvionali*
- *Depositi eluvio-detritici*

A questi si dovrebbero aggiungere i depositi di natura vulcanica; essi, però, essendo quasi totalmente frammisti ai depositi eluvio-detritici o presenti con affioramenti modesti sia in termini di estensione areale che in termini di spessori, non vengono descritti come depositi a se stanti.

Le coltri superficiali vegetali, che ricoprono quasi indistintamente tutte le litologie trattate, sono costituite, per la maggior parte, da suoli nerastri e color tabacco, con granulometria finissima, rientranti nella classe dimensionale delle peliti.

Sono coltricole originatesi dall'alterazione e rubefazione in posto dei sedimenti prequaternari, sono predisposte a scoscienti gravitativi e rappresentano dei pessimi piani di appoggio per qualsiasi tipo di struttura in elevazione principalmente a causa della loro elevata compressibilità.

Depositi alluvionali

I depositi alluvionali si rinvencono lungo le fasce laterali del F. Ufita; essi sono riferibili proprio al corso d'acqua citato ed agli “scaricatori” minori.

In generale sono costituiti da ghiaie e da sabbie con scarsa componente argillosa; le ghiaie presentano ovunque le stesse caratteristiche: ciottoli in prevalenza calcarei, arenacei e marnosi e dimensioni variabilissime da 1-2 centimetri a 30-40 centimetri, con dimensioni medie intorno ai 15 centimetri; esse sono normalmente sciolte, e solo occasionalmente, lungo le scarpate dei corsi d'acqua sono visibili lenti di spessore di qualche decimetro con ciottoli cementati, testimoniando oscillazioni di falde o emergenze di acqua.

Le sabbie sono da grossolane a fini e derivano sia dall'erosione delle varie litofacies flyscioidi che da quelle Plioceniche; ad esse sono associati, in quantità molto scarsa, litotipi pelitici di solito organizzati in piccole lenti.

I depositi alluvionali in prossimità degli alvei fluviali mancano quasi totalmente di suolo a testimonianza della loro recente deposizione; nella restante parte essi sono ricoperti da un sottile suolo, a base irregolare, con geometria piano – concava.

Nei depositi alluvionali del Fiume Ufita sono stati riconosciuti terrazzi che segnano la demarcazione tra le alluvioni antiche e quelle recenti; entrambe posseggono le caratteristiche già descritte ma, quelle antiche, si presentano quasi sempre cementate ed a quote superiori rispetto a quelle dell'attuale alveo del corso d'acqua.

Le alluvioni antiche e recenti formano una sorta di "materasso" che poggia quasi ovunque su sedimenti argillosi e, nel complesso, non è un buon terreno di fondazione per i seguenti motivi:

- la elevata permeabilità dei depositi alluvionali favorisce l'infiltrazione dell'acqua e conseguente plasticizzazione degli orizzonti più alti delle sottostanti argille rendendole melmose;
- la variabilità dimensionale della componente litica può determinare una disomogeneità dei cedimenti mentre la componente limosa e sabbiosa, in presenza di falda, può essere soggetta a fenomeni di liquefazione;
- la natura sciolta e la variabilità dimensionale dei depositi alluvionali, in caso di terremoti, subiscono oscillazioni maggiori di quelle che si verificano nelle rocce solide, per cui i danni alle sovrastrutture sono senz'altro di notevole entità.

Depositi Eluvio - Detritici

Sono depositi che si rinvencono interposti tra i depositi alluvionali e le formazioni descritte in precedenza che definiscono una sorta di "area di parcheggio" sulla quale sono posizionati tutti quei materiali che, avendo raggiunto in precedenza l'equilibrio, non sono stati più mobilitati verso il fondovalle; trattasi di depositi appartenenti alle tipiche formazioni continentali che hanno avuto origine dall'alterazione e dall'erosione del substrato; con il conseguente trasporto e sedimentazione hanno formato la copertura dello stesso substrato.

Essi sono costituiti da terreni prevalentemente limosi, sabbiosi e ciottolosi e, quindi, con granulometria da fine a grossolana; hanno spessori più o meno modesti che non superano i 2 - 3 metri.

I particolari sono rappresentati nei seguenti allegati:

"Carta Geolitologica" - 1:5.000

"Sezione Geolitologica" - 1:5.000

"Particolare della Carta Geolitologica" - 1:2.000 (Prima dell'alluvione)

"Sezione Geolitologica dell'alveo" - 1:500 (Prima dell'alluvione).

CARTA GEOLITOLÓGICA — SCALA 1:5000



Ubicazione del ponte sul Fiume Uffia da Ripristinare.



Alluvioni attuali costituite da ghiaie e sabbie di fondovalle, lenti di sabbie e limi, depositi di riempimento degli alvei soggetti ad evoluzione per i processi fluviali.



Depositi fluviali antichi, costituiti da ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie e limi, terrazzati e sopesti a quote superiori rispetto a quelle dell'aveo attuale.

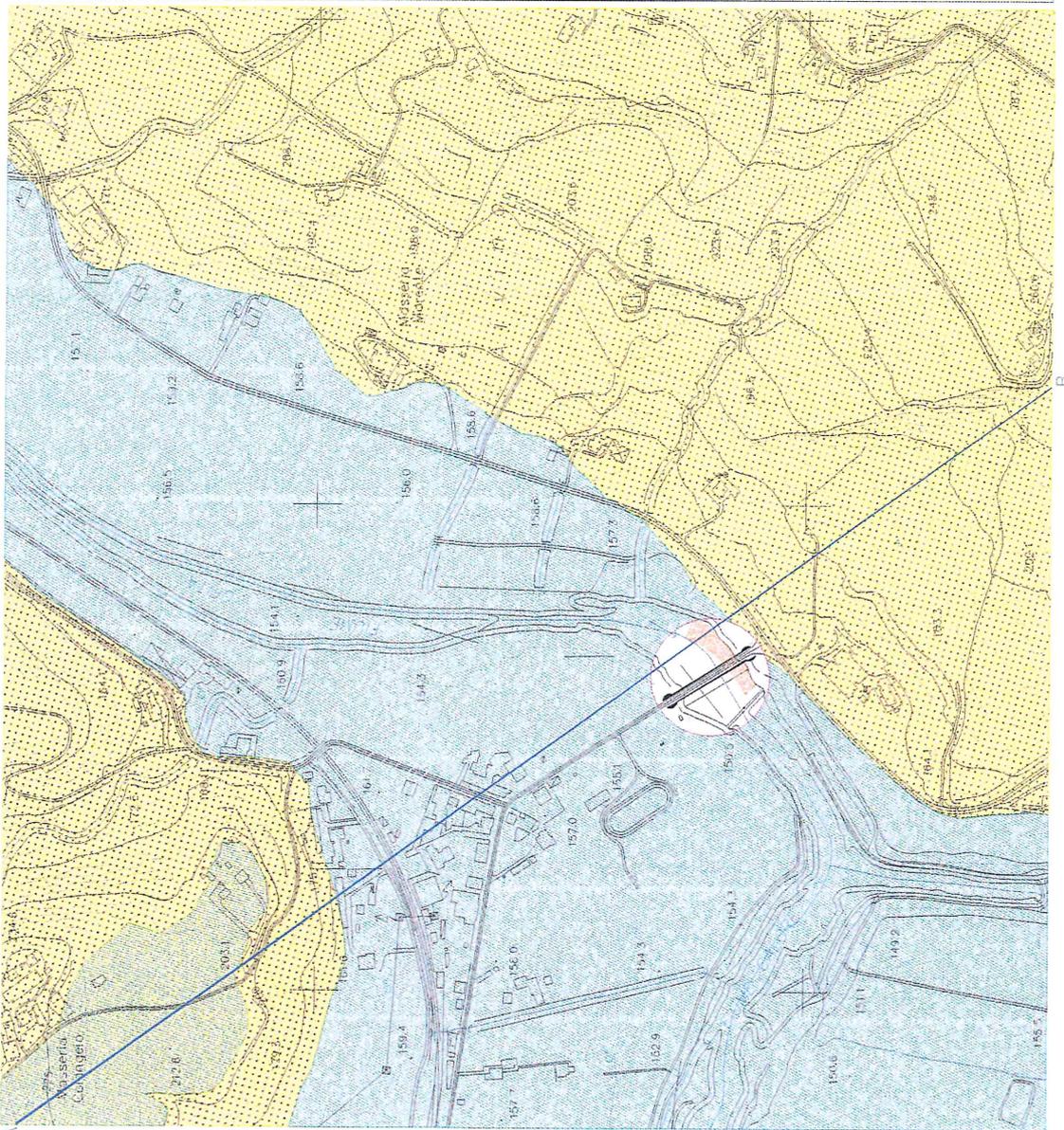


Sabbie giallastre a grana medio grossa e medio fine in strati con spessori medi e sottili; interstrati arenacei sabbiosi e livelli di puddinghe poligeniche, di ciottolame e di argille sabbiose prevalentemente grigiastre.



Argille siltose e marcesse, di colorazione grigio plumbea, con frammenti pazzame filite e sabbia limosa, anche essa grigiastre; la consistenza è compatta ed il suo spessore è stimabile in alcune centinaia di metri.

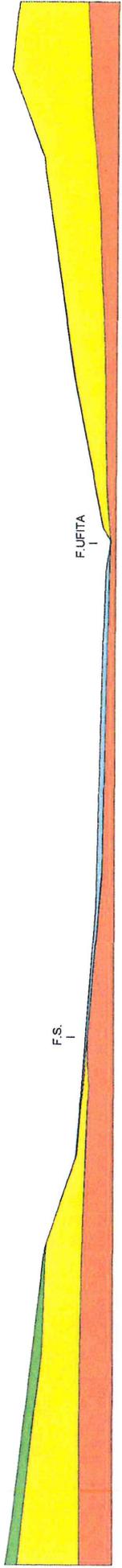
A — B Traccio della Sezione Geolitologica A—B



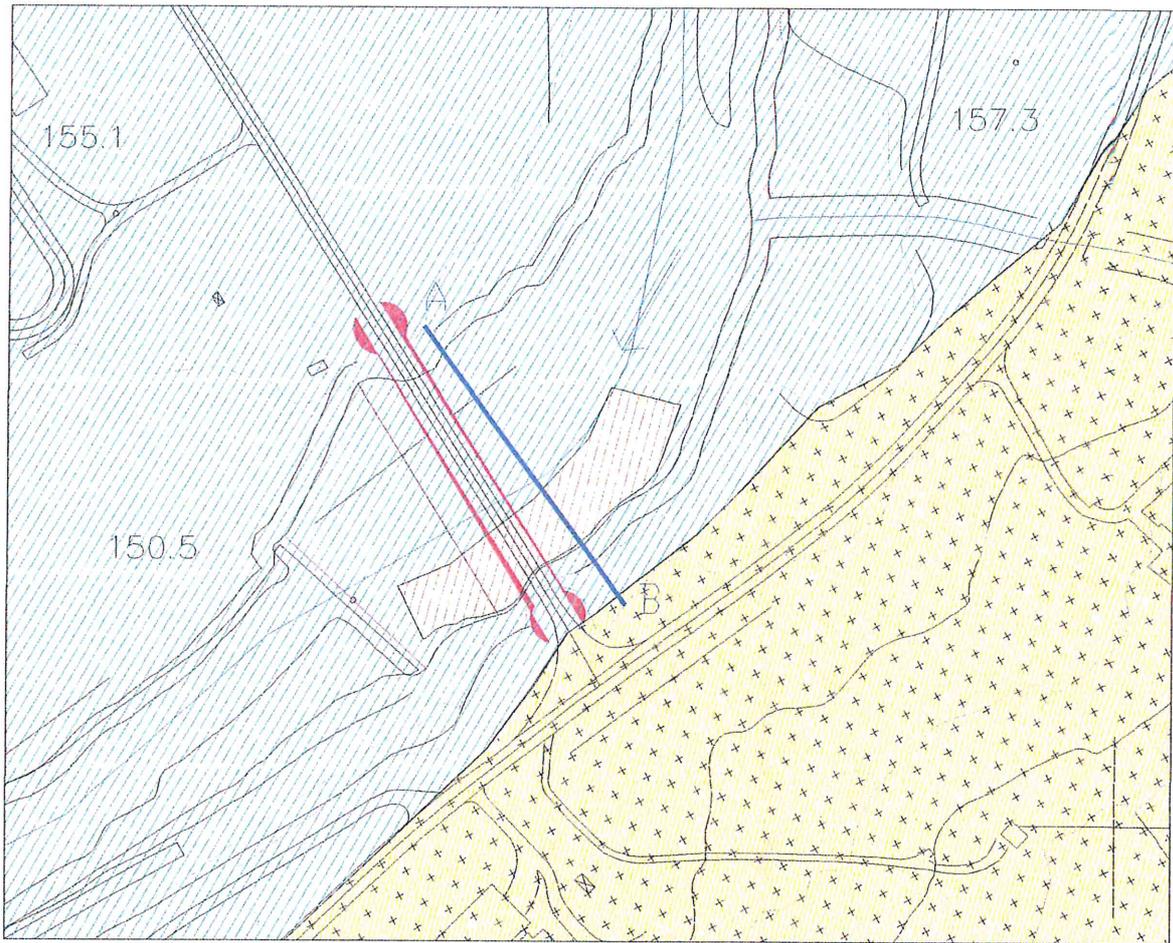
Geol. Claudio Sacco

Aprile 2016

SEZIONE GEOLITOGICA A-B SCALA 1:5.000



- DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI, COSTITUITI DA GHIAIE, GHIAIE SABBIOSE, SABBIE E LIMI, TERRAZZATI E SOSPESI A QUOTE SUPERIORI RISPETTO A QUELLE DELL'ALVEO ATTUALE. PLEISTOCENE
- ALLUVIONI ATTUALI COSTITUITE DA GHIAIE E SABBIE DI FONDOVALLE, LENTI DI SABBIE E LIMI; DEPOSITI DI RIEMPIMENTO DEGLI ALVEI, ETC. OLOCENE-ATTUALE
- SABBIE GIALLASTRE A GRANA MEDIO GROSSA E MEDIO FINE, INTERSTRATI ARENACEI SABBIOSI, PUDDINGHE E CIOTTOLAME, ETC. PIOCENE
- ARGILLE SILTOSE E MARNOSE, GRIGIO PLUMBEO, CON FRAMMISTO PEZZAME LITICO E SABBIA LIMOSA GRIGIA, ETC. MIOCENE



PARTICOLARE DELLA CARTA GEOLITOLOGICA
SCALA 1:2000



Alluvioni attuali costituite da ghiaie e sabbie di fondovalle, lenti di sabbie e limi; depositi di riempimento degli alvei soggetti ad evoluzione per i processi fluviali.



Sabbie giallastre a grana medio grossa e medio fine in strati con spessori medi e sottili; interstrati arenacei sabbiosi e livelli di puddinghe poligeniche, di ciottolame e di argille sabbiose prevalentemente grigiastre.



Area entro la quale è incanalato l'attuale deflusso delle acque che ha causato l'approfondimento dell'alveo e l'affioramento in vari punti delle argille siltose e marnose di colorazione grigio plumbeo.

A B

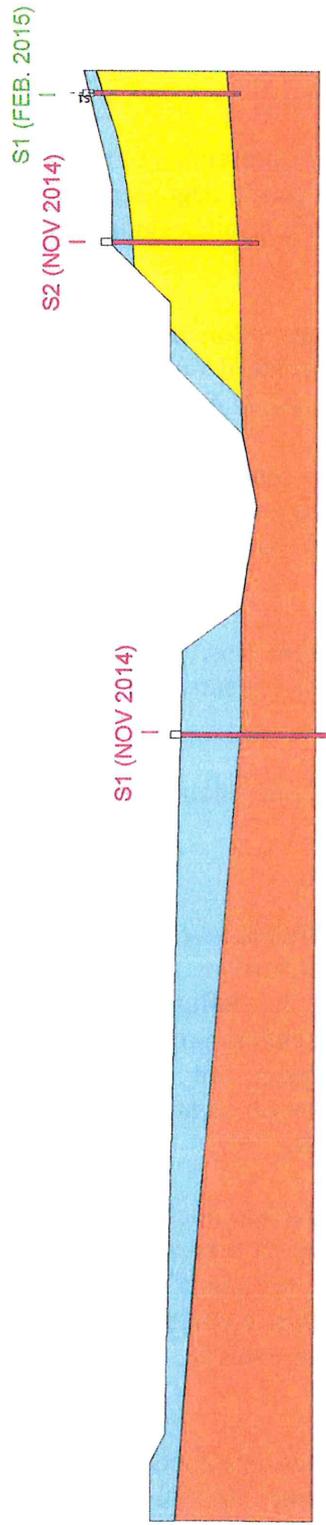
Traccia della Sezione Geolitologica A-B

Aprile 2016



Dr. Claudio Sacco
Claudio Sacco

SEZIONE GEOLITOGICA DELL'ALVEO IN CORRISPONDENZA' DEL PONTE
- SCALA 1:500 -



- CIOTTOLAME ARROTONDATO, DI VARIA NATURA, ETEROMETRICO, FRAMMISTO A SABBIA, LIMO E GHIAIETTO; BLOCCHI LAPIDEI SISTEMATI A SCOGLIERA AI LATI DELL'ATTUALE ALVEO.
- SABBIA GROSSOLANA, GIALLO OCRA, CON INTERSTRATI LIMOSI E CIOTTOLOSI; IL GRADO DI ADDENSAMENTO E' MEDIO BASSO, ETC.
- ARGILLA SILTOSA E MARNOSA, GRIGIO PLUMBEO, CON FRAMMISTO PEZZAME LITICO E SABBIA LIMOSA, GRIGIA; LA CONSISTENZA E' COMPATTA, ETC.



MORFOLOGIA E MORFOEVOLUZIONE

L'area in esame è compresa nel quadrante Nord Evest della Tavoletta dell'IGM II NE “Apice” del Foglio “173” della Carta d'Italia.

L'aspetto morfologico della zona non presenta caratteri particolari; esso è prevalentemente di tipo collinare con dolci pendii degradanti verso le aste torrentizie in modo regolare. E' presente un'ampia superficie pianeggiante sulla quale è insediato il nucleo abitato di Apice Scalo.

La distribuzione delle pendenze fa registrare valori compresi tra il 3% ed il 5% nel settore Nord, limitatamente alla fascia adiacente il fiume, e valori compresi tra il 20% ed il 25% nel settore Sud e Sud Est in direzione di Apice Vecchia.

La morfoevoluzione, in generale, è di tipo lenta perché dovuta alla sola opera degli agenti esogeni complessi; non sono presenti, infatti, movimenti in massa che rappresentano gli unici elementi capaci di determinare repentine e consistenti modificazioni delle forme.

Vanno evidenziati, comunque, alcuni fenomeni erosivi localizzati su entrambi i versanti, che dal fiume Ufita si elevano verso le quote superiori, ed in prossimità delle aste idrografiche.

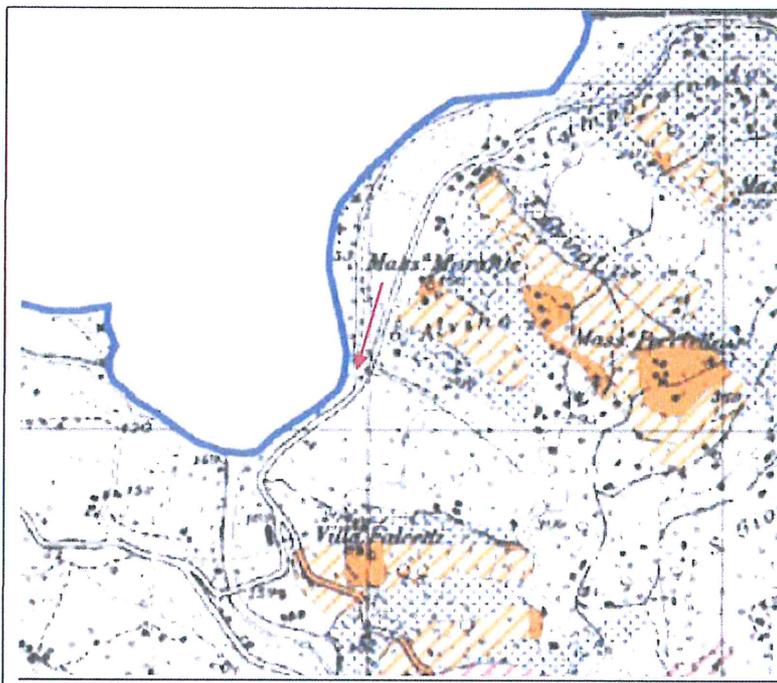
L'area di più stretto interesse non è coinvolta in fenomeni franosi in atto o potenziali, né è sede di cavità naturali o artificiali.

Tuttavia si segnalano i puntuali fenomeni franosi che hanno interessato ed interessano soprattutto l'argine sinistro dell'alveo fluviale in prossimità del ponte; essi sono strettamente connessi all'entità dell'azione del deflusso idrico nel senso che le acque una volta incanalate in sezioni minori, aumentano progressivamente la loro velocità ed esercitano una erosione concentrata la quale, tra l'altro, causa l'approfondimento dell'alveo e fenomeni franosi (Crolli e scivolamenti) sulle sponde con conseguente progressivo ampliamento delle zone coinvolte.

In realtà il fenomeno appena descritto, agevolato anche dal ribaltamento delle barriere in cemento armato, che avevano la funzione di favorire una sorta di laminazione delle acque fluviali soprattutto nelle condizioni di “piena”, ha letteralmente eroso tutto il terreno che inglobava la fondazione del pilone e contribuiva a garantirne la stabilità ed ha causato, di conseguenza, il crollo del pilone stesso.

La morfoevoluzione innanzi descritta è confermata anche dalla perimetrazione delle aree a Rischio di Frana effettuata dalla competente Autorità di Bacino con il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI).

Sovrapponendo l'area di più stretto interesse (Quella dove è ubicato il ponte) sulle tavole del rischio allegate al PSAI innanzi citato, si evince che essa non risulta compresa in nessuna delle Aree a Rischio e/o di Attenzione perimetrare con il predetto Piano Stralcio.



Stralcio della Carta degli scenari di rischio (Rischio Frana) del PSAI

All'indomani dell'evento alluvionale, abbattutosi sull'intero Sannio il 14-15 e 19 Ottobre 2015, l'Amministrazione provinciale richiese allo scrivente una integrazione alla precedente relazione preliminare necessaria per verificare se la già precaria situazione in cui versava il ponte e la zona circostante fosse stata ulteriormente compromessa. In quella occasione fu rilevato:

- I. una intensa erosione lineare lungo l'argine sinistro sia a monte che a valle del ponte; la totale asportazione sia della scogliera che era stata eseguita a protezione del terrapieno, ubicato alla base della spalla sinistra del ponte, sia della scogliera che era stata eseguita a protezione della base del pilone provvisorio; un maggiore approfondimento dell'alveo;
- II. un movimento franoso nella zona adiacente la spalla sinistra del ponte che ha coinvolto sia gli interventi provvisori di somma urgenza (Terre rinforzate), eseguiti in precedenza, sia la sede della soprastante strada San Vito-Apice.

I. Intensa Erosione lineare lungo l’argine sinistro del Fiume

Per la conformazione ad ansa del tratto di alveo comprendente il ponte, il deflusso idrico fluviale era “incanalato” in adiacenza dell’argine sinistro il quale, ovviamente, era assoggettato ad erosione continua.

Con l’alluvione del 14-15 e 19 Ottobre 2015 l’improvviso e sproporzionato aumento del volume di acqua, “costretto” a scorrere nella stessa sezione canalizzata, ha fatto sì che aumentasse a dismisura anche la velocità di deflusso con tutti gli effetti disastrosi che essa ha potuto produrre.

Ed, infatti, in concomitanza ad esso si è verificato un arretramento improvviso dell’argine mediamente pari a circa 3.00 metri; nei giorni successivi il processo erosivo delle acque incanalate, comunque inarrestabile, ha prodotto un ulteriore arretramento dell’argine anche se molto più contenuto.

Sempre per la stessa causa le scogliere, eseguite in precedenza a protezione del terrapieno, ubicato alla base della spalla sinistra del ponte, ed a protezione del pilone provvisorio, nonché il terrapieno stesso, sono stati completamente smembrati dall’onda di piena.

Lo smembramento delle predette opere ha determinato come diretta conseguenza l’esposizione della fondazione della spalla sinistra del ponte all’erosione delle acque incanalate.

Anche il tratto di alveo coincidente con la sezione incanalata ha subito un approfondimento abbastanza consistente.

II. Descrizione del movimento franoso

Rilevamenti eseguiti

I primi rilevamenti sull’area del ponte e nella zona al contorno sono stati effettuati il giorno 21/10/2015, dopo una settimana dall’evento alluvionale principale, ed hanno riguardato i danni provocati dall’onda di piena.

I successivi rilevamenti sono stati effettuati il 23/01/2016 ed hanno riguardato l’individuazione della tipologia franosa, la sua geometria, le litologie coinvolte, le condizioni idrogeologiche e morfologiche della zona e i danni provocati ai manufatti esistenti.

Documentazione fotografica

Lo scrivente ha scattato n. 9 fotografie (che si allegano); di esse le prime 5, datate 21/10/2015, documentano le condizioni della zona subito dopo l'alluvione, le restanti, datate 23/01/2016, documentano la mobilitazione progressiva dei prismi di terra, l'invasione dell'alveo del fiume del materiale mobilitato, la corona (o la nicchia) della frana, il suo rigetto ed, infine, il corpo della frana.



Foto N.1 – Erosione lineare lungo l'argine sinistro e arretramento dello stesso



Foto N. 2-3 - Erosione della scogliera e del terrapieno di protezione della base della spalla sx del ponte

*“Studio Geologico Tecnico e Geognostico a supporto del Progetto Definitivo dei Lavori urgenti per il Ripristino totale della funzionalità del Ponte sul Fiume Ufita – Località Apice Scalo”
Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento*

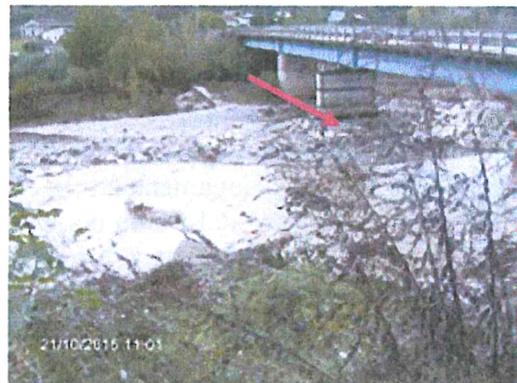


Foto N.4-5 – Erosione della scogliera di protezione della base del pilone provvisorio



Foto N. 6-7 – Corpo della Frana in atto

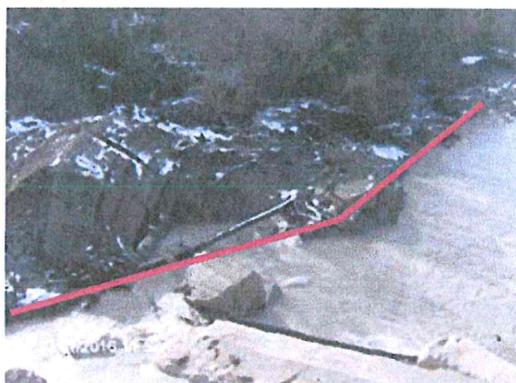


Foto N. 8-9 – Fronte e Rigetto della frana

Stato dei luoghi

In questo paragrafo lo scrivente ritiene di evidenziare, in maniera sintetica, le sole situazioni e/o condizioni che possono agevolare una serena ed oggettiva individuazione delle cause che hanno determinato la frana.

Si rileva:

- ✓ L'esposizione all'erosione delle acque (defluenti in alveo) della fondazione della spalla sinistra del ponte determinata dalla totale asportazione della scogliera e del terrapieno preesistenti.
- ✓ Una porzione di scarpata (Quella adiacente la spalla sinistra del ponte) interessata da una frana in atto compresa tra l'alveo del fiume e la soprastante strada provinciale San Vito – Apice.
- ✓ Un massa di terreno mobilitata (Corpo di frana) in parte adagiata alla base del rigetto determinato dalla frana, ed in parte sommerso dalle acque del fiume; si fa notare che la parte sommersa, che rappresenta il “fronte” della frana, è soggetta ad erosione e trasporto ad opera delle acque fluviali.
- ✓ Nel corpo della frana sono ben riconoscibili i residui delle opere di sistemazione provvisoria (Terre rinforzate) eseguite all'indomani del crollo del pilone del ponte avvenuto nel 2013.

Descrizione delle cause

Il fenomeno di che trattasi può essere definito come una frana rientrante nella tipologia degli “scivolamenti”; esso ha avuto inizio con l'alluvione dello scorso Ottobre 2015, progressivamente ha continuato il suo movimento verso valle e, nella seconda decade di Gennaio c.a., ha assunto le attuali proporzioni.

Interessa la porzione di scarpata adiacente la spalla sinistra del ponte compresa tra l'alveo del fiume e la soprastante strada provinciale San Vito – Apice.

Dalle misurazioni effettuate la frana in atto ha una lunghezza di circa 15 metri ed una larghezza media di circa 50 metri; la sua corona o “nicchia”, che rappresenta verosimilmente la linea lungo la quale è terminato (Per adesso) lo scivolamento o, se si preferisce, il progressivo distacco dei cunei di terra franati, coincide, grossomodo, con il limite destro della strada provinciale San Vito-Apice, dove è presente un rigetto max di circa 7,00 metri.

La dinamica gravitativa più verosimile della frana oggetto di studio ha avuto inizio con una improvvisa ed accentuata erosione alla base della scarpata determinata dall'onda di piena del fiume; successivamente la continua ed incessante erosione ha fatto venir meno il sostegno al “piede della scarpata” e tutta la massa dei terreni dominanti è stata destabilizzata e coinvolta nello scivolamento.

Pur non avendo effettuato indagini geognostiche sul dissesto e nelle immediate vicinanze, è stato possibile valutare, mediante le osservazioni dirette, che lo spessore di terreno coinvolto varia da un minimo di 3,50 metri ad un massimo di 5,00 metri e comprende la coltre di copertura e la parte alterata dello strato sottostante.

Caratteristica comune di tutti i terreni simili a quelli rinvenuti nell'area oggetto di indagine è la presenza di materiale argilloso, sotto forma di interstrati o sotto forma di cunei, che condiziona ed influenza direttamente le proprietà tecniche di insieme dei terreni stessi; una importante conseguenza di ciò è che il comportamento meccanico dei materiali sia nei riguardi della portanza che nei riguardi della stabilità dei pendii dipende dall'acqua con la quale sono o possono venire a contatto. Tale comportamento presenta sensibili differenze di ordine qualitativo e quantitativo in rapporto alle particolarità locali di composizione e struttura nonché al complesso delle caratteristiche ambientali entro cui i diversi terreni si trovano; cioè l'insieme delle caratteristiche derivanti dai rapporti tra i vari corpi geologici, dalle condizioni topografiche, morfologiche, idrogeologiche, etc..

Dove la componente argillosa è maggiore l'influenza dell'acqua è determinante; essa, seguendo i brandelli sabbiosi o arenacei stratificati oppure i frammenti ciottolosi disseminati caoticamente nella massa argillosa, può penetrare nella massa stessa e circolarvi in vene distinte o costituirvi accumuli. In ogni caso essa modifica lo stato di consistenza del materiale, lo plasticizza fino a fluidificarlo, distrugge la capacità di resistenza alle sollecitazioni meccaniche soprattutto se agevolata da particolari condizioni morfologiche (Elevata pendenza dei versanti), e, quindi, genera fenomeni franosi.

Il dissesto, come già detto, rientra nella tipologia degli “scivolamenti”, in quanto il meccanismo gravitativo comprende l'erosione al piede ed il progressivo scivolamento della massa terrosa soprastante.

In generale i fenomeni franosi sono da collegare a cause predisponenti quali: il tipo e le caratteristiche del materiale, l'assetto geomorfologico, gli interventi antropici non a regola d'arte e, soprattutto, il disordine idrogeologico dovuto principalmente all'assenza, all'insufficienza o alla inadeguatezza delle opere di regimentazione delle acque superficiali.

L'eccezionale evento alluvionale, la conformazione canalizzata della sezione dell'alveo del fiume, l'assenza di adeguate strutture di difesa spondale nel tratto franato sono state le cause che hanno innescato la frana oggetto di studio secondo la dinamica gravitativa innanzi descritta.

Possibili effetti negativi per i manufatti presenti

La frana tende ad ampliarsi con una naturale evoluzione secondo il cosiddetto “arretramento della corona di frana”.

Tenendo, inoltre, presente:

- che la corona di frana lambisce la sede della strada provinciale San Vito-Apice
- che in corrispondenza della stessa è presente un rigetto max di circa 7,00 metri
- che la fondazione della spalla sinistra del ponte è esposta all’erosione delle acque defluenti nell’alveo del fiume
- che la velocità del fenomeno franoso non può essere ritenuta lenta
- che l’eventuale ampliamento della frana, in ogni caso, sfuggirebbe al controllo umano

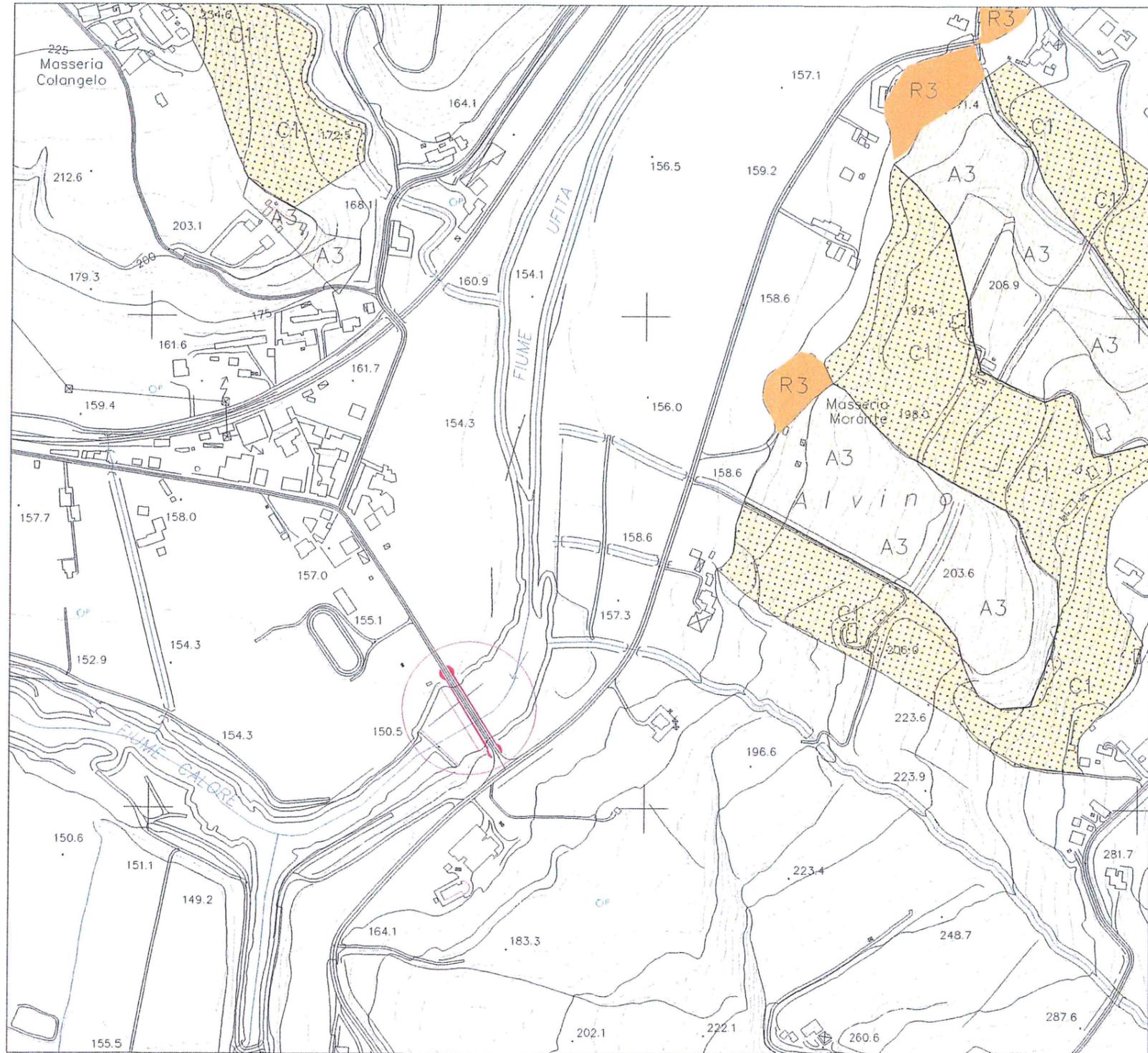
si ritiene che è seriamente fondata la preoccupazione sulla precaria stabilità della porzione di scarpata interessata dalla frana e, quindi, è possibile che la naturale evoluzione della stessa possa coinvolgere i manufatti presenti nelle vicinanze.

I dettagli sono rappresentati sui seguenti allegati:

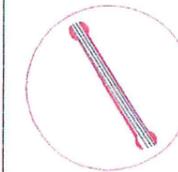
“Carta delle Aree a Rischio secondo il vigente PSAI” – 1:5000

“Carta Morfologica prima e dopo l’alluvione” – 1:5000

“Carta dei Dissesti” – 1:5000



CARTA DELLE AREE A RISCHIO SECONDO IL VIGENTE PSAI
 SCALA 1:5000



Ubicazione del ponte sul Fiume Ufita da Ripristinare.

LEGENDA CONFORME A QUELLA ADOTTATA DALL'A. DI B.

- R3** AREA A RISCHIO ELEVATO R3 – Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.

- A3** AREA DI MEDIO-ALTA ATTENZIONE A3–Area non urbanizzata ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media, o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.

- C1** Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M.LL.PP. 11/03/1988 – C1



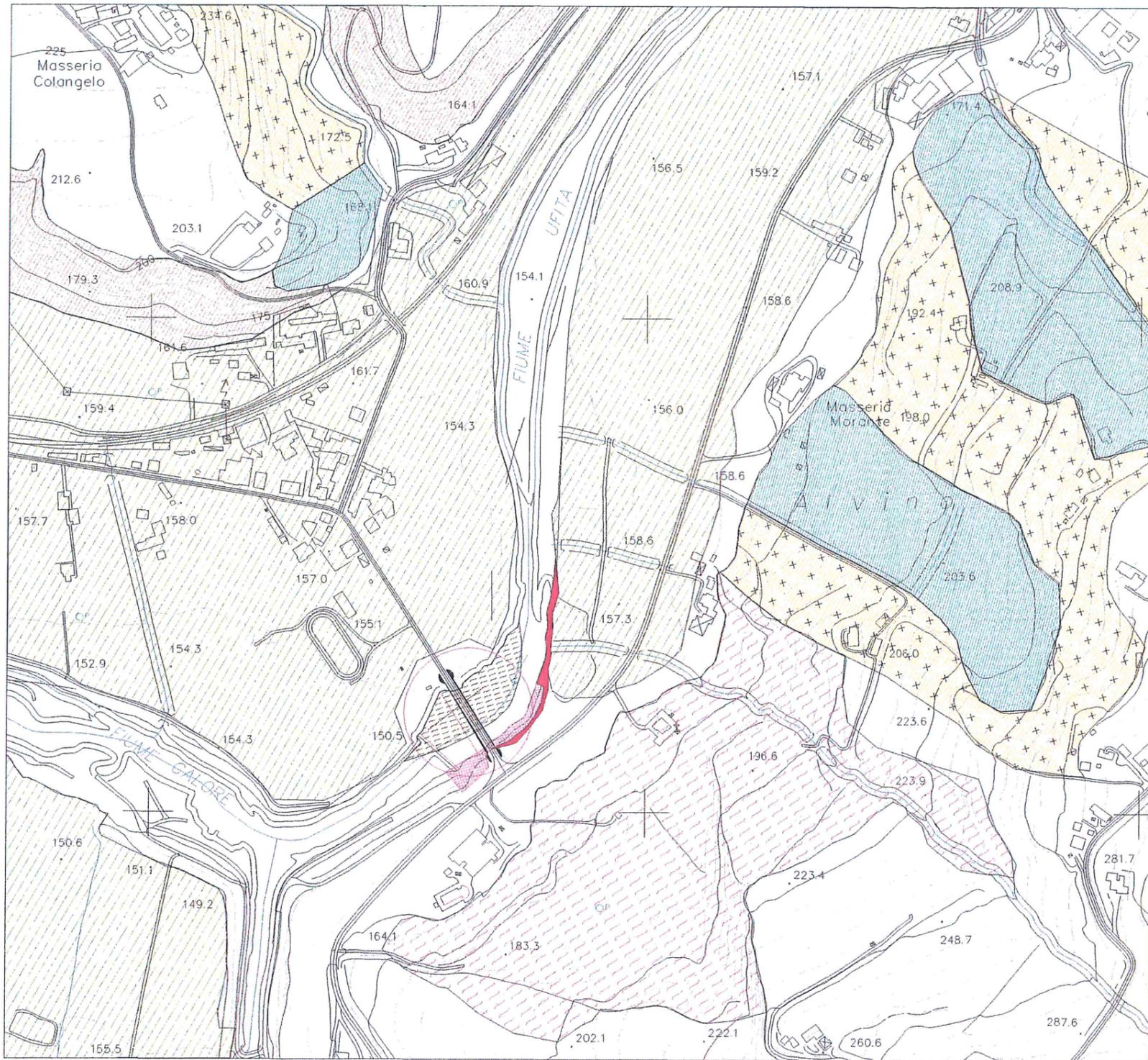
Dr. Geol. Claudio Sacco
C. Sacco

Aprile 2016

CARTA MORFOLOGICA - SCALA 1:5000



Ubicazione del ponte sul Fiume Ufita da Ripristinare.



PRIMA DELL'ALLUVIONE

-  Rete idrografica che causa erosione lineare nei rispettivi alvei che è più accentuata nei tratti con elevata pendenza.
-  Aree con deboli valori di pendenza, sufficientemente stabili, sedi di estesi affioramenti dei depositi alluvionali.
-  Area in cui sono presenti ondulazioni della superficie topografica che denotano una diffusa erosione superficiale.
-  Aree con elevati valori della pendenza in cui affiorano litologie scarsamente plastiche (Sabbie, arenarie, etc.) soggette a fenomeni di crollo e/o rotolamento soprattutto in corrispondenza delle pareti verticali naturali e dei fronti di scavo.
-  Parte di alveo compresa in un'ansa fluviale in cui si ha la sedimentazione del materiale trasportato dal flusso idrico.
-  Parte di alveo compresa in un'ansa fluviale in cui si verifica l'erosione spondale e, di conseguenza, fenomeni di dissesto progressivo dell'argine fluviale con arretramento dell'orlo dello stesso.

SCENARI DELLA FRANOSITA'

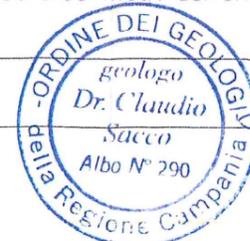
LEGENDA CONFORME A QUELLA ADOTTATA DALL'A. DI B.

-  Scorrimento traslativo attivo e quiescente
-  Scorrimento rotazionale attivo e quiescente
-  Colata lenta-Colamento attivo e quiescente
-  Zona in creep a monte delle frane a massima intensità attesa media e/o nel corpo di frana quiescente.
-  Area di possibile ampliamento dei fenomeni frano cartografati all'interno ovvero fenomeni di primo distacco.

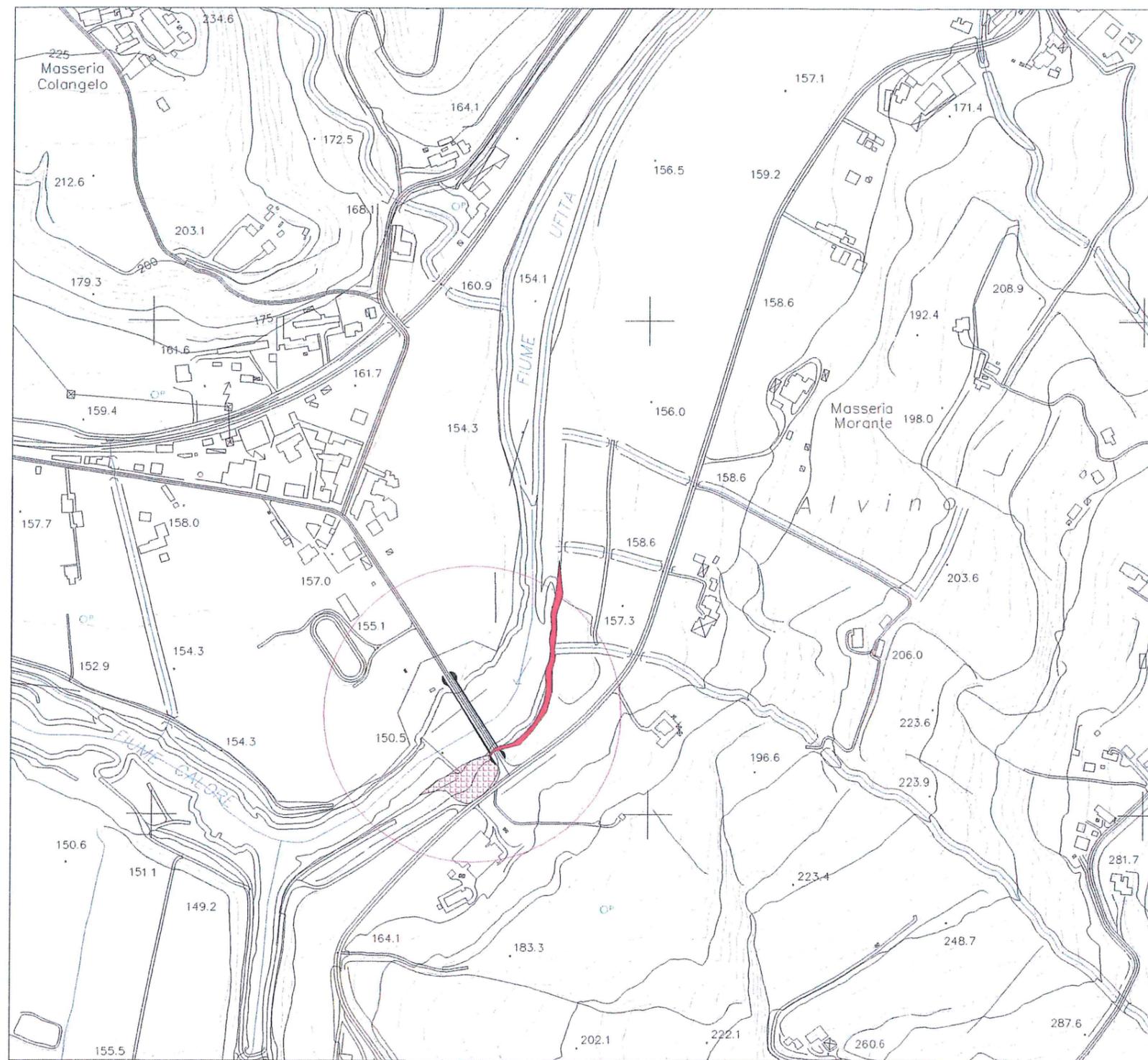
DOPO L'ALLUVIONE

-  Parte di alveo compresa in un'ansa fluviale in cui si è verificata una consistente erosione lineare e, di conseguenza, fenomeni di dissesto progressivo dell'argine fluviale e l'arretramento di circa 3.00 metri dell'orlo dello stesso

Aprile 2016



Dr. Geol. Claudio Sacco

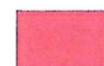


CARTA DEI DISSESTI – SCALA 1:5000



Ubicazione del ponte sul Fiume Ufita da Ripristinare.

DOPO L'ALLUVIONE

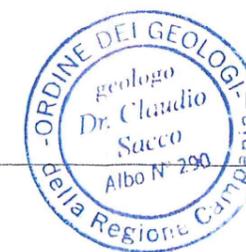


Area interessata da una consistente erosione lineare che ha determinato una progressiva "cattura" dell'argine fluviale il cui orlo è arretrato di circa 3,00 metri.



Frana in atto interessante la porzione di scarpata compresa tra l'alveo del fiume e la soprastante Strada Provinciale San Vito – Apice; essa rientra nella tipologia degli "Scivolamenti" ed è stata causata dallo scalzamento al piede ad opera delle acque.

Aprile 2016



Dr. Geol. Claudio Sacco

IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

La conoscenza della natura dei terreni presenti nella zona e delle loro caratteristiche fisico – meccaniche permettono di definire in modo soddisfacente la situazione idrogeologica del settore oggetto di studio.

Il sistema idrografico generale è costituito da una serie di valli e vallecole variamente orientate con sezioni diverse a seconda dei terreni su cui esse sono impostate; le loro larghezze sono di poche decine di metri se sono impostate su sedimenti litici, mentre, se attraversano terreni “teneri” esse hanno una larghezza anche di alcune centinaia di metri.

Il sistema drenante dello spazio geografico oggetto di studio ha come recapito il F. Ufita ed, a seguire, il Fiume Calore che rappresenta il corso d’acqua principale.

Le caratteristiche idrografiche del settore sono in ogni modo condizionate dalla quantità di precipitazioni meteoriche annuali. Nell’ambito del bacino imbrifero del F. Ufita e del F. Calore, sono presenti numerosi rami secondari di modesta lunghezza e con stretti alvei.

Dal punto di vista idrogeologico si possono distinguere due complessi idrogeologici: *complesso alluvionale e complesso sabbioso-arenaceo- conglomeratico.*

Complesso alluvionale

Il complesso è costituito da depositi ghiaiosi, sabbiosi e limoso argillosi di fondovalle; esso è permeabile per porosità ed il grado di permeabilità dell’intera associazione litologica si può considerare alto nonostante vari da zona a zona in funzione della granulometria dei depositi. La capacità ricettiva dell’acquifero alluvionale è complessivamente buona, sia nei confronti dell’alimentazione diretta (Fenomeno, questo, molto facilitato dalla morfologia piatta degli affioramenti) che nei confronti di quella indiretta proveniente dagli acquiferi adiacenti. A causa della sostanziale caoticità che caratterizza la giacitura dei vari litotipi (Con lenti più o meno estese e tra loro interdigitate a depositi con differente grado di permeabilità), la circolazione idrica sotterranea è preferenzialmente basale e si esplica secondo lo schema delle falde sovrapposte intercomunicanti.

E’ ovvio, quindi, che le falde presenti nel complesso alluvionale sono interessanti tanto è vero che esse subiscono, in generale, uno sfruttamento abbastanza rilevante per vari scopi.

Complesso sabbioso-arenaceo-conglomeratico

Nel suo insieme il complesso sabbioso arenaceo conglomeratico è abbastanza omogeneo dal punto di vista litologico; è costituito da sabbie ed arenarie grossolane, gradate, con interstrati di conglomerati e puddinghe. Caratteristica è la circolazione idrica sub

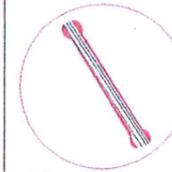
superficiale che si sviluppa con una superficie piezometrica a profondità di 7/8 metri dal piano campagna, accolta prevalentemente entro coltri superficiali e detritiche, rese permeabili dall'alterazione subaerea, e generalmente limitata dalla roccia sottostante che funge da impermeabile. Il complesso, abbastanza esteso, è caratterizzato da un grado di permeabilità medio-alto per porosità e fratturazione.

La circolazione idrica nei conglomerati è molto frazionata a causa delle variazioni di permeabilità dipendente sia dal grado di cementazione che dall'entità delle fratture le quali, disarticolando i blocchi conglomeratici, li pongono frequentemente a contatto con livelli marnosi meno permeabili; da ciò ne consegue che la presenza delle riserve idriche sotterranee possono essere abbastanza profonde ed a consistenza variabile.

In generale nel complesso sabbioso, arenaceo e conglomeratico lo sfruttamento avviene per scopi irrigui e domestici mediante pozzi anche superiori ai cinquanta metri di profondità.

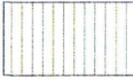
Le condizioni idrogeologiche di dettaglio sono rappresentate sull'allegata “Carta Idrogeologica prima e dopo l'alluvione”.

CARTA IDROGEOLOGICA – SCALA 1:5000



Ubicazione del ponte sul Fiume Ufita da Ripristinare.

PRIMA DELL'ALLUVIONE

-  Rete idrografica.
-  Barriere in calcestruzzo armato costruite per favorire una sorta di laminazione al deflusso delle acque; allo stato attuale risultano parzialmente ribaltate.
-  Zona pianeggiante dell'alveo fluviale preesistente; in essa non sono presenti solchi di erosione e/o di approfondimento dell'alveo.
-  Zona dell'alveo in cui si è concentrato il deflusso delle acque che ha determinato una canalizzazione ed un consistente approfondimento dell'alveo stesso.
-  Unità idrogeologica coincidente con i depositi alluvionali recenti costituiti da ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi. La permeabilità è per porosità ed il relativo grado è da considerare medio alto; in essa, generalmente, sono presenti falde freatiche interessanti alimentate da una circolazione idrica sotterranea che si esplica secondo lo schema delle falde sovrapposte intercomunicanti.
-  Unità idrogeologica coincidente con l'affioramento sabbioso, arenaceo e conglomeratico. La permeabilità è per porosità e fratturazione ed il relativo grado è da considerare medio alto; in essa sono presenti falde freatiche interessanti il cui sfruttamento avviene mediante pozzi abbastanza profondi.

DOPO L'ALLUVIONE

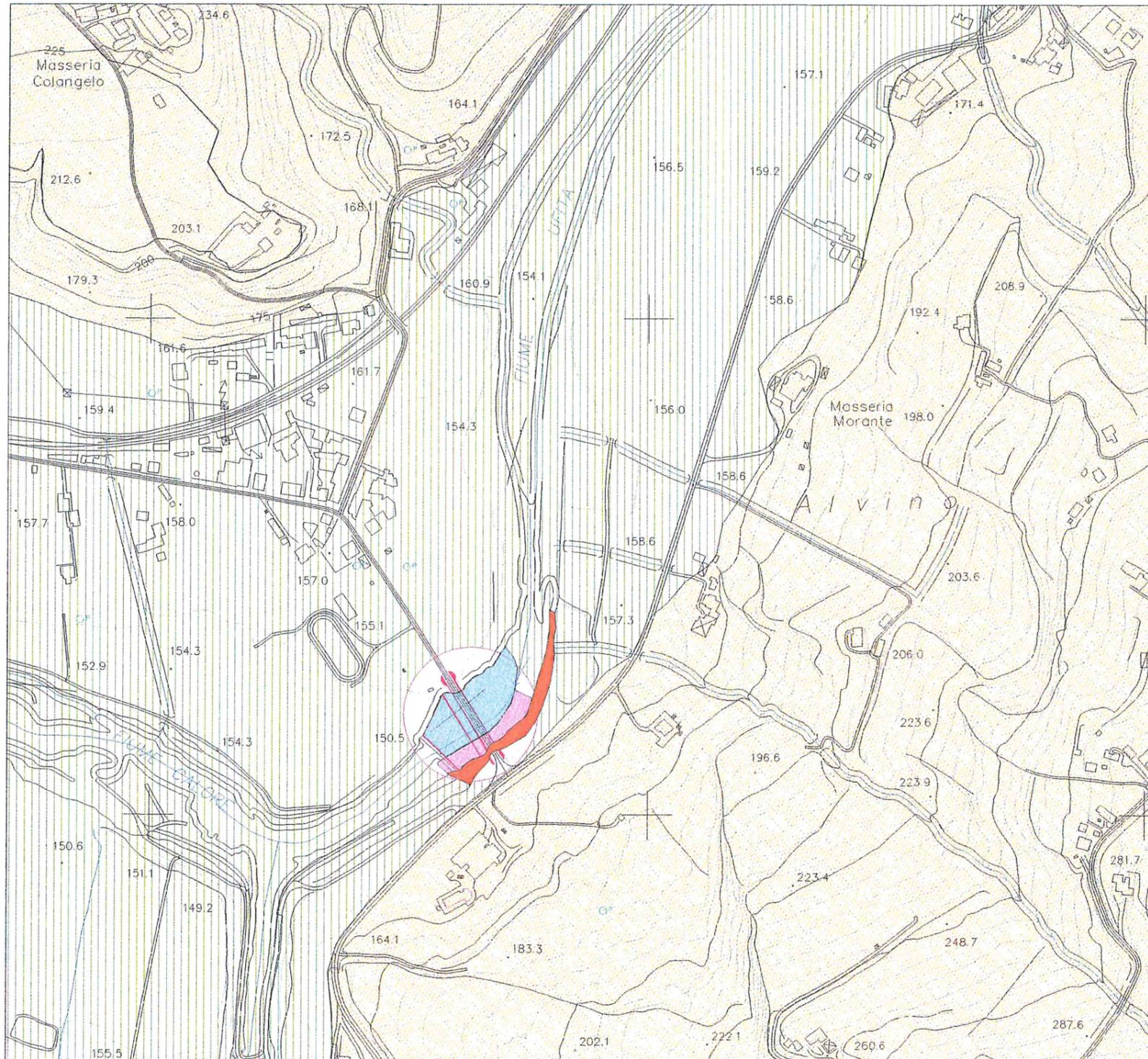
-  Zona dell'alveo erosa dall'onda di piena e conseguente ampliamento della canalizzazione ed un ulteriore approfondimento dell'alveo stesso.

Aprile 2016



Dr. Geol. Claudio Sacco

C. Sacco



PARTE II – RELAZIONE GEOTECNICA

DESCRIZIONE E RISULTANZE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sondaggi Meccanici

Per la ricostruzione stratigrafica e la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni si fa riferimento alle seguenti campagne di indagini geognostiche:

- la prima, eseguita nel Mese di Novembre 2014 per la redazione dello Studio Geologico Tecnico Preliminare, fu affidata all’Impresa “Geo-In Srl” con sede in Benevento, munita di Concessione Ministeriale N.5024 del 25 Maggio 2011; con essa furono eseguiti:
 - *due sondaggi meccanici, del tipo a carotaggio continuo, di cui il primo (S1) spinto fino a 25,00 metri di profondità ed il secondo (S2) spinto fino a 10,00 metri di profondità*
 - *una prova SPT in foro e due prospezioni sismiche superficiali (Masw)*

- la seconda, eseguita nel Mese di Febbraio 2015 nell’ambito del Progetto STRIT, fu affidata all’Impresa “Tecno In Spa”, con sede in Napoli, munita di Concessione Ministeriale N.53363 del 06 Maggio 2005; con essa furono eseguiti:
 - *un sondaggio meccanico, del tipo a carotaggio continuo, spinto fino a 36,00 metri di profondità*
 - *N.6 prove SPT in foro*
 - *analisi e prove di laboratorio*
 - *una prospezione sismica in foro (Down-Hole)*

Modello Stratigrafico

La successione litologica nel sito, ricostruita dall’esame delle carote estratte nel corso dei sondaggi meccanici, consente di definire il seguente modello stratigrafico:

RIFERIMENTO SONDAGGIO S1 (Novembre 2014)

Strato Superficiale: comprende ciottolame arrotondato di varia natura, eterometrico, frammisto a sabbia, limo e ghiaietto (Cosiddetto “Misto di fiume”); ha uno spessore di 370 centimetri.

Strato di Base: comprende argille sabbiose marnose, di colorazione grigio azzurrognola, con inclusi clasti alterati, in disfacimento, di dimensioni centimetriche; la consistenza è compatta ed il suo spessore è di circa 4.50 metri. Ad esse soggiacciono marne debolmente argillose siltose, di colorazione grigio azzurrognola, con intercalati livelli sabbiosi e trovanti calcarenitici; la consistenza è compatta e tenace ed il suo spessore è stimabile in alcune centinaia di metri.

RIFERIMENTO SONDAGGIO S2 (Novembre 2014)

Strato Superficiale: comprende ciottolame arrotondato di varia natura, eterometrico, frammisto a sabbia, limo e ghiaietto (Cosiddetto "Misto di fiume"); ha uno spessore di 70/80

Strato Intermedio: comprende sabbia medio fine, di colorazione giallo oca, con inclusioni limose e ciottolose; il suo grado di addensamento è medio basso e lo spessore è pari a circa 6.00 metri;

Strato di Base: comprende argille siltose e marnose, di colorazione grigio azzurrognola, con frammisto pezzame litico e sabbia limosa anch'essa grigiastria; la consistenza è compatta ed il suo spessore è stimabile in alcune centinaia di metri.

RIFERIMENTO SONDAGGIO S1 (Febbraio 2015)

Strato Superficiale: comprende terreno di riporto, costituito da clasti eterometrici poligenici, in matrice sabbiosa limosa beige; ha uno spessore di 4.10 metri.

Strato Intermedio: comprende sabbia medio fine, debolmente limosa, di colorazione giallo oca, con intercalati orizzonti di pochi centimetri più coesivi, grigio azzurrognoli; intorno ai dieci metri la colorazione della sabbia è anch'essa grigio azzurrognola; il suo grado di addensamento è medio basso e lo spessore è pari a circa 9.00 metri.

Strato di Base: comprende argille sabbiose marnose, di colorazione grigio azzurrognola, con inclusi clasti alterati, in disfacimento, di dimensioni centimetriche; la consistenza è compatta ed il suo spessore è di circa 5.00 metri. Ad esse soggiacciono marne debolmente argillose siltose, di colorazione grigio azzurrognola, con intercalati livelli sabbiosi e trovanti calcarenitici; la consistenza è compatta e tenace ed il suo spessore è stimabile in alcune centinaia di metri.

Prove SPT in foro

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite N.7 prove SPT (Standard Penetration Test) in foro i cui risultati sono stati seguenti:

Sondaggio	Numero Prova	Profondità (m)	Nc	NSPT
S1 (Nov. 2014 -Geo-In Srl)	1	-5.50/-5.35 (Argilla)	17-50-R	R
S1 (Feb. 2015 Tecno In Spa)	1	-2.00/-2.45 (Riporto)	15 - 10 - 8	18
	2	-4.00/-4.45 (Riporto/Sabbia)	13 - 10 - 7	17
	3	-6.00/-6.40 (Sabbia)	14 - 30 - R	R
	4	-9.00/-9.45 (Sabbia)	10 - 9 - 11	20
	5	-11.30/-11.75 (Sabbia)	13 - 25 - 43	68
	6	-15.50/-15.95 (Argilla)	16 - 27 - 43	70

Campionature dei terreni

Durante l'esecuzione del sondaggio S1 (Febbraio 2015 – Tecno In Spa) sono stati prelevati N.3 campioni indisturbati di terreno utilizzando un campionatore a pareti sottili infisso a pressione.

I campioni prelevati sono stati sottoposti ad analisi e prove geotecniche dal laboratorio “Tecno In Spa” munito di Concessione Ministeriale N.53363 del 06 Maggio 2005.

Caratterizzazione Geotecnica dei Terreni

Dai risultati delle analisi e prove di laboratorio, eseguite sui campioni contraddistinti con le sigle: S1-C1, S1-C2 ed S1-C3, è possibile fornire la seguente caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti in successione:

Strato Superficiale

SCADENTI PROPRIETA' – INDICE

Esso va totalmente sbancato perché le sue scadenti proprietà indice non permettono l'affidamento di carichi esterni derivanti da qualsiasi tipo di strutture in elevazione.

Strato Intermedio: Sabbia limosa, giallo ocra, etc. (Rif. Database e Nspt)

Peso dell'unità di volume	$17.50 < \gamma < 18.10$	kN/mc
Coesione.....	$c = 0.00$	kPa
Angolo di attrito interno	$26^\circ < \varphi' < 28^\circ$	

Argilla debolmente marnosa sabbiosa – (Rif. Campione S1-C1)

Peso dell'unità di volume	$\gamma = 19.86$	kN/mc
Coesione (Sforzi Effettivi).....	$c' = 41.34$	kPa
Coesione non drenata	$c_u = 283.56$	kPa
Angolo di attrito interno	$\varphi' = 30.59^\circ$	
Modulo Edometrico (Tra 100 -200 kPa)	$E_d = 25.9$	Mpa

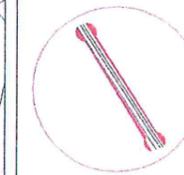
Marna argillosa siltosa – (Rif. Campioni S1-C2 e S1-C3)

Peso dell'unità di volume	21.45 < γ < 21.47	kN/mc
Coesione (Sforzi Effettivi).....	$c' < 60.98$	kPa
Coesione non drenata	642.00 < $c_u = 670.00$	kPa
Angolo di attrito interno	$\varphi' = 29.21^\circ$	
Modulo Edometrico (Tra 100 -200 kPa)	$E_d = 23.6$	MPa

L'ubicazione delle indagini è riportata sull'allegata “Carta delle Indagini Geognostiche eseguite in sito” – scala 1:5.000.

Il modello stratigrafico e la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono riportati sulle allegte Sezioni Stratigrafiche e Geotecniche.

CARTA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN SITO
 SCALA 1:5000



Ubicazione del ponte sul Fiume Ufita da Ripristinare.



Sondaggio meccanico, a c.c., spinto fino a 25 metri di profondità, eseguito dall'Impresa Geo-In Srl munita di autorizzazione ministeriale N.5024 del 25.05.2011



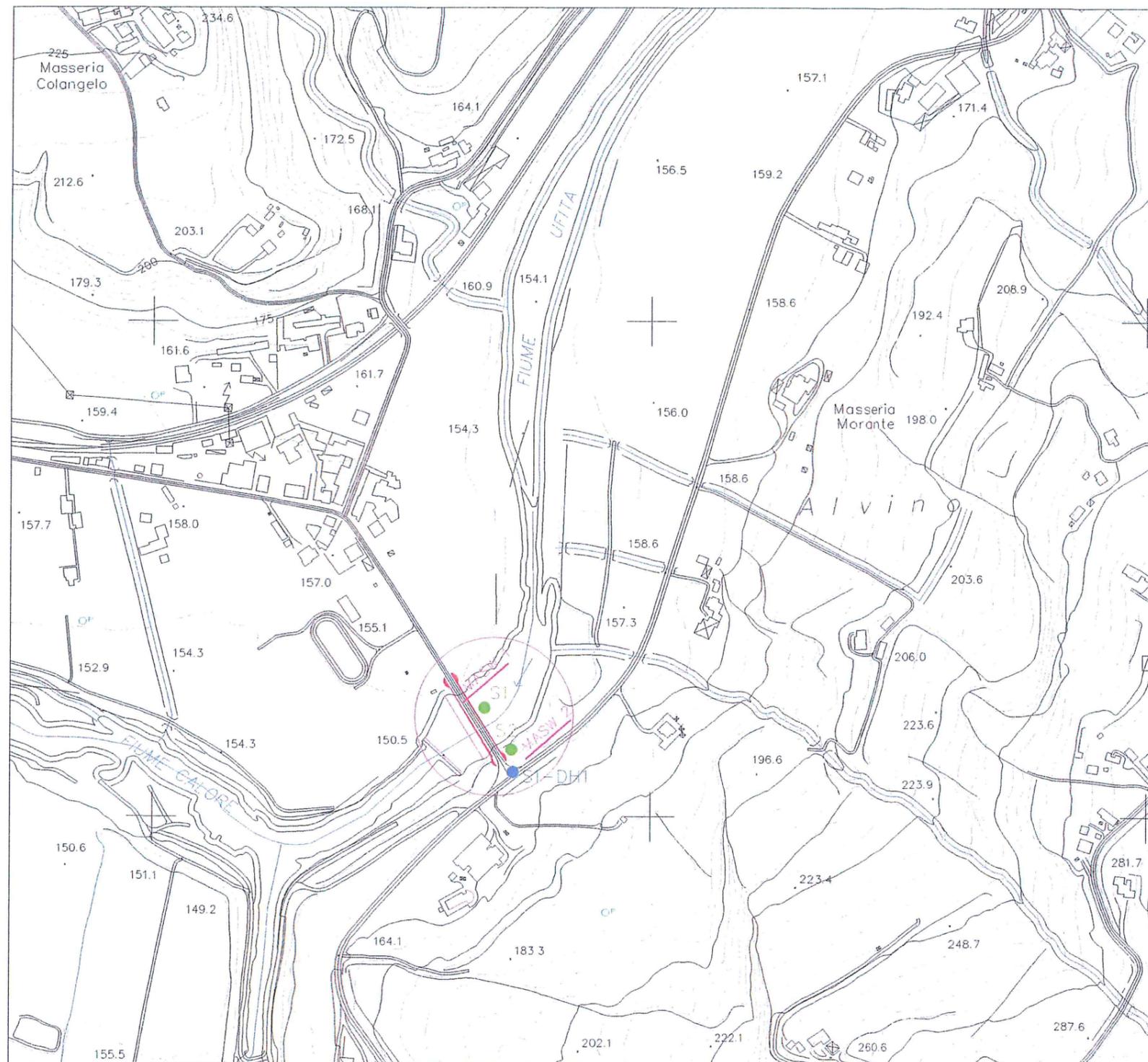
Sondaggio meccanico, a c.c., spinto fino a 10 metri di profondità, eseguito dall'Impresa Geo-In Srl munita di Concessione Ministeriale N.5024 del 25.05.2011

MASW 1-2

Tracce delle prospezioni sismiche superficiali eseguite con metodologia Masw



Sondaggio meccanico, a c.c., spinto fino a 36 metri di profondità, eseguito dall'Impresa Tecno In Spa munita di Concessione Ministeriale N.53363 del 06.05.2005; in esso fu eseguita la prospezione sismica in foro DH1 (Metodologia Down-Hole)

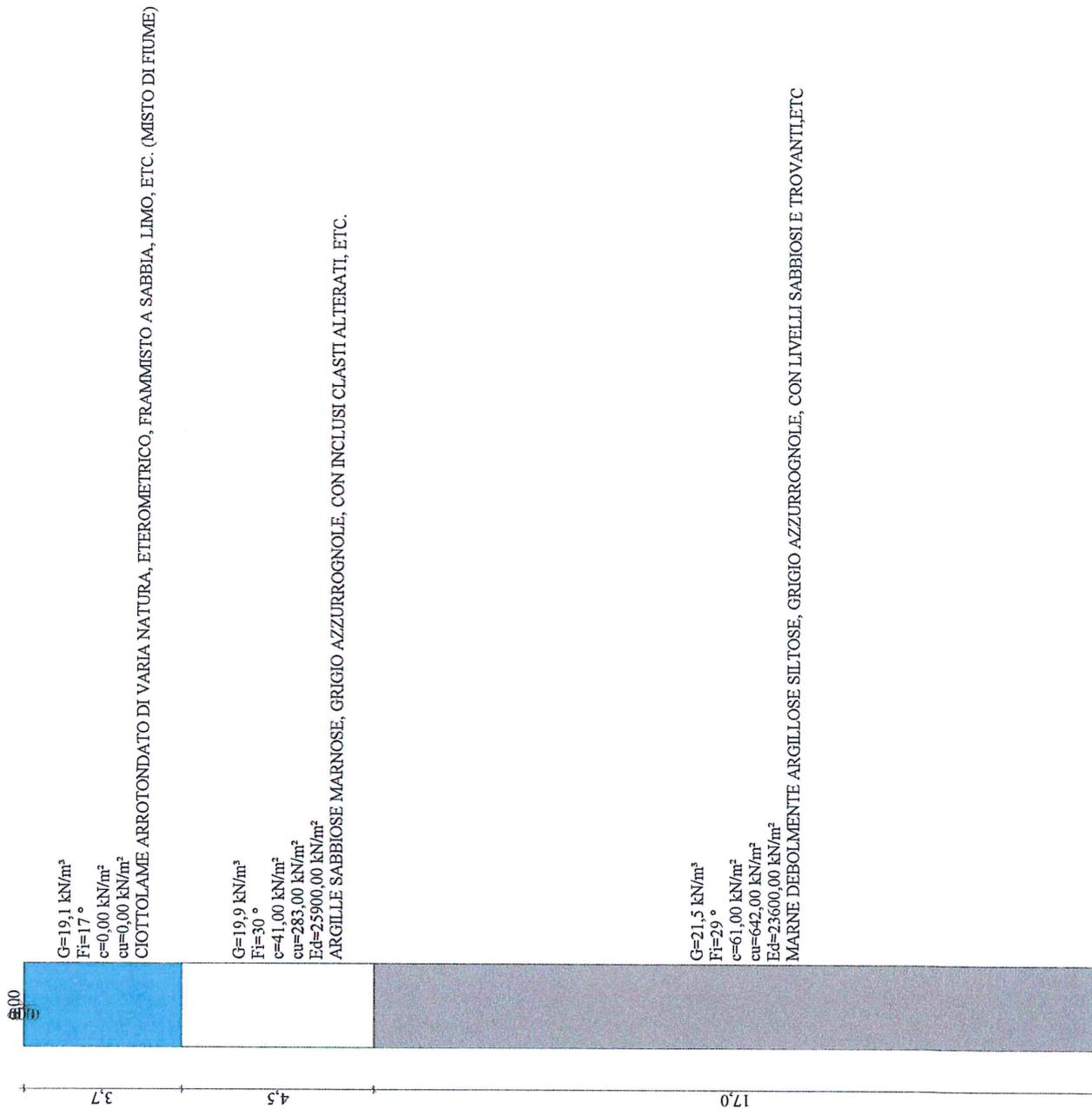


Aprile 2016



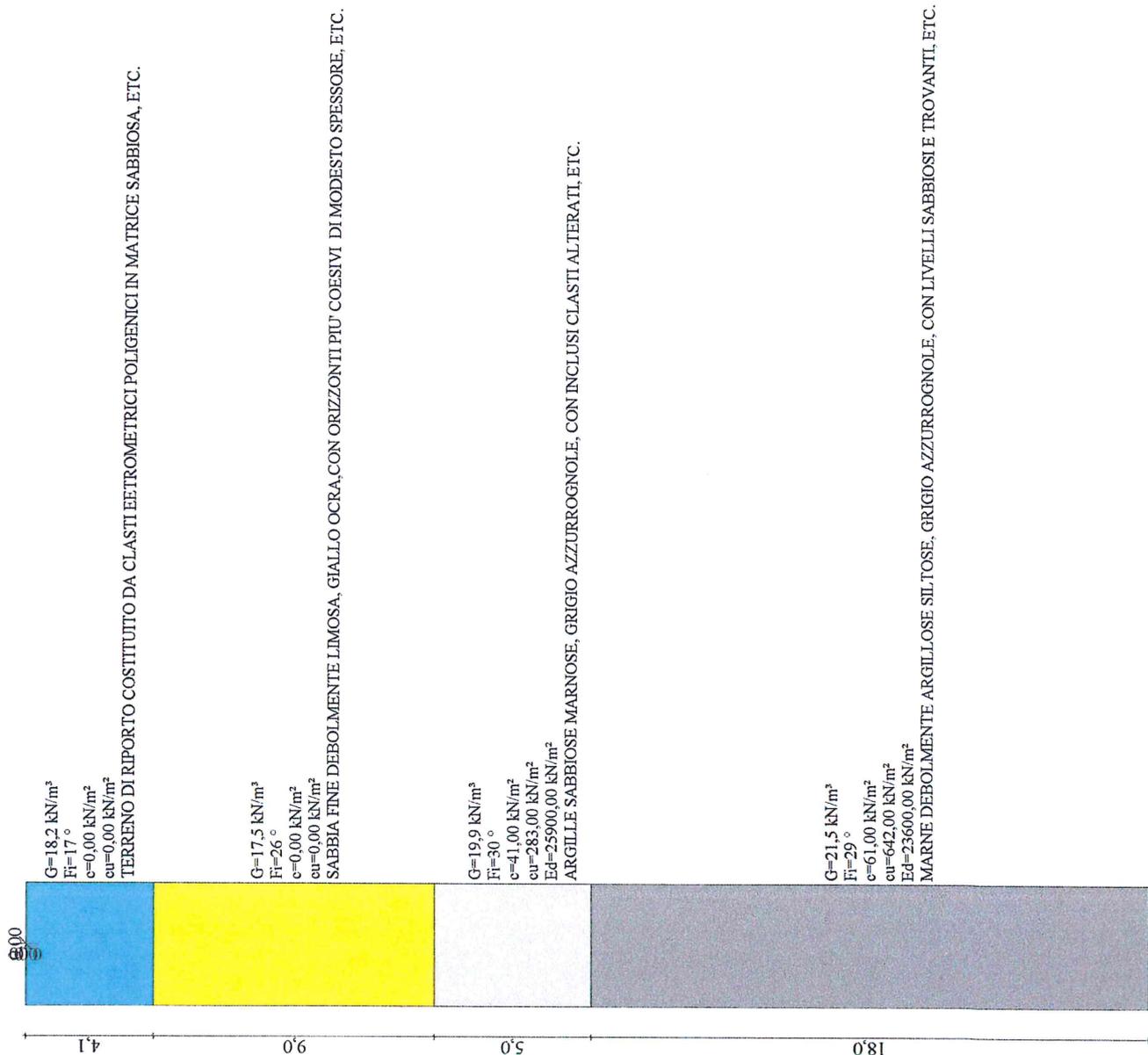
Geol. Claudio Sacco

SEZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA IN CORRISPONDENZA DEL SONDAGGIO S1 (NOV 2014) E DEL PILONE PROVVISORIO



Handwritten signature

SEZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA IN CORRISPONDENZA DEL
SONDAGGIO S1 (FEB 2015) E DELLA SPALLA SX DEL PONTE



CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE GENERALI

Le opere in elevazione da progettare, secondo il parere dello scrivente, devono riguardare la struttura ponte, nel suo complesso, l'alveo entro il quale esso è ubicato e la frana in atto.

- ❖ Per quanto attiene il ponte sarà necessario prevedere sia il rafforzamento delle strutture verticali esistenti (Spalle, Piloni e relative fondazioni) sia la ricostruzione del pilone crollato;
- ❖ Per quanto attiene l'alveo sarà necessario prevedere sia idonee opere trasversali alla direzione di deflusso, atte a favorire una sorta di laminazione delle acque soprattutto in condizioni di piena, sia una difesa spondale lungo l'argine sinistro del fiume dove è stata maggiormente incisiva l'azione erosiva delle acque (V.si Carta Morfologica e Carta Idrogeologica ante e post alluvione).
- ❖ Per quanto attiene la frana in atto sarà necessario prevedere un presidio statico (Muro, palificata, gabbionate, muro su pali, etc.) di altezza almeno pari alla metà di quella del rigetto della frana stessa.

Tipologia fondale e piano di posa delle fondazioni

Sulla base del modello stratigrafico e sulla scorta delle proprietà – indice dei termini litologici presenti in successione, è consigliabile realizzare per tutte le strutture in elevazione e per il consolidamento di quelle esistenti “FONDAZIONI INDIRETTE” costituite da pali trivellati in c.c.a..

Resta a cura dello strutturista il loro dimensionamento in relazione ai carichi, alla natura, alla consistenza, agli spessori ed alle caratteristiche fisico meccaniche delle litologie attraversate dai pali stessi.

I piani di posa di eventuali “fondazioni superficiali” vanno fissati ad una profondità non inferiore allo spessore dello strato di copertura e dello strato di alterazione subaerea che, complessivamente, hanno scadenti proprietà fisico – meccaniche; inoltre essi devono rispettare il punto C.4.1. del D. M. LL.PP. dell'11/3/88 il quale prescrive che le fondazioni debbono essere sufficientemente profonde per essere protette dal gelo e dalle variazioni stagionali dell'umidità.

Carico Limite delle fondazioni

Il carico limite di una fondazione può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la

condizione di rottura, oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo.

Esso va verificato in relazione all'entità della struttura in elevazione e sulla scorta della caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni.

Per le fasi di calcolo va fatto riferimento alla seguente normativa:

D.M. LL.PP. del 11/03/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Norme tecniche per le Costruzioni 2008 D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

PARTE III – RELAZIONE SISMICA

Caratterizzazione e Modellazione Sismica del sito

Dai risultati ottenuti con le prospezioni sismiche superficiali (n. 2 Masw) e con la prospezione sismica in foro (n. 1 Down-Hole) è stata ricostruita la seguente stratigrafia; di seguito si riportano i valori caratteristici per i sismostrati riscontrati.

Sismostrato	Profondità (m)	V_s (m/s)
S1	0.0 – 0.7	129
S2	0.7 – 8.7	178
S3	8.7 – 12.7	430
S4	12.7 – 30.0	816

Prospetto delle determinazioni dei valori di VS per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.1.

Sismostrato	Profondità (m)	V_s (m/s)
S1	0.0 – 1.1	169
S2	1.1 – 5.4	203
S3	5.4 – 16.8	368
S4	16.8 – 30.0	887

Prospetto delle determinazioni dei valori di VS per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.2.

Sismostrato	Profondità (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Densità P (kg/m³)	Coefficiente di Poisson ν (-)	Modulo di taglio G (MPa)	Modulo di Young E (MPa)
S1	0.00 – 4.00	1131	259	1400	0.47	91	267
S2	4.00 – 6.00	1004	330	1500	0.44	145	419
S3	6.00 – 10.00	726	226	1500	0.44	65	190
S4	10.00 – 17.00	1433	364	1990	0.46	177	526
S5	17.00 – 24.00	2105	459	2150	0.47	291	865
S6	24.00 – 28.00	2030	588	2150	0.46	593	1732
S7	28.00 – 36.00	2342	923	2150	0.41	1465	4160

Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S4.

La nuova normativa sismica (D.M.14.01.2008) definisce cinque categorie principali del terreno di fondazione, individuate in base ai valori della velocità delle onde di taglio Vs30 nei primi 30 metri del sottosuolo, secondo la relazione $V_{s30} = 30/\sum(h_i/V_i)$, dove h_i e V_i sono lo spessore e la velocità nello strato i esimo degli N strati che formano i primi 30 metri di sottosuolo.

Categorie di sottosuolo	
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m., caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Classificazione del Sottosuolo

Di seguito si riportano i risultati forniti dalle indagini sismiche MASW e Down-Hole effettuate nell'area in studio:

Prospezione sismica	V_{s0-30} (m/s)
MASW n. 1	[374]
MASW n. 2	[408]

Prospezione sismica	V_{s0-30} (m/s)
DH-S4	[403]

L'indagine sismica effettuata consente di classificare i terreni di progetto nel seguente modo:

374,00 m/s < V_{s30} < 408,00 m/s	
CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO (D.M. del 14/01/2008)	B

Valutazione dell'azione sismica

Per la valutazione dell'azione sismica si fa riferimento alle risultanze emerse dalle indagini geognostiche eseguite in sito.

In base alla riclassificazione sismica del territorio della Regione Campania risulta che il Comune di Apice è stato riconfermato, con delibera della G. R. n. 5447 del 07/11/2002, Zona Sismica di I Categoria con grado di sismicità $S = 12$, con un Coefficiente di Intensità Sismica $C = 0,10$ ed un'Accelerazione Sismica Orizzontale “ $A_g = 0,35$ ” introdotta dall'ex O.P.C.M. N.3274/2003.

Con le prospezioni sismiche eseguite in sito è stata determinata la velocità delle onde sismiche di taglio $374,00 \text{ m/s} < V_{S30} < 408,00 \text{ m/s}$ in base alla quale è stato classificato un sottosuolo di Categoria “B” secondo il D.M. del 14.01.2008.

In relazione all'opera oggetto di intervento (Ponte) si ritiene introdurre, ai sensi del D.M.14.01.2008 (NTC) cap.2.4.2, una Classe d'Uso III da cui deriva un Coefficiente d'Uso $C_u = 1,5$; inoltre, essendo l'area specifica collocata su un pendio con pendenza inferiore a 15° , ne consegue una categoria topografica T1.

Risposta Sismica Locale

È noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale; ad esempio, per lo stesso sisma registrato da strumenti identici e a breve distanza reciproca, uno posto su di una coltre alluvionale di 200m di spessore, l'altro su rocce cristalline, fu rilevato un rapporto di ampiezza pari a 5 corrispondente a circa 2 unità della scala sismica delle intensità (Carrara et al., 1992). D'altra parte, lo stesso concetto di magnitudo tiene conto di ciò, legando la sua valutazione all'ampiezza del moto del suolo normalizzata sia mediante una funzione di attenuazione con la distanza, sia mediante un coefficiente di stazione e quest'ultimo è legato, appunto, alla diversa risposta dei siti di registrazione ad uno stesso evento sismico.

Questo fenomeno fu notato per la prima volta un secolo fa quando, durante il tristemente noto terremoto di S. Francisco del 1906, edifici praticamente identici per forma, dimensioni e materiali impiegati, subirono danni sensibilmente diversi (alcuni edifici subirono crolli totali mentre altri subirono danni praticamente trascurabili).

È ormai assodato che le caratteristiche con cui si presenta un sisma in un dato sito sono fortemente dipendenti oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia e dalla distanza ipocentrale, soprattutto da fattori di risposta locale che modificano la composizione spettrale del sisma.

In sostanza la risposta sismica locale è l'azione di filtro e d'amplificatore esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso; essa è l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo a una formazione rocciosa di base (substrato o bedrock),

subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (deposito di copertura) fino alla superficie.

Per una corretta valutazione della risposta sismica locale è quindi indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per tutti e quattro gli stati limite (SLO-SLD-SLV-SLC).

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame. Comune di Apice – Località Apice Scalo

latitudine: 41,138802

longitudine: 14,927615

Classe: 3

Vita nominale:50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 31878 Lat: 41,1265 Lon: 14,8840 Distanza: 3898,167

Sito 2 ID: 31879 Lat: 41,1257 Lon: 14,9504 Distanza: 2404,875

Sito 3 ID: 31657 Lat: 41,1756 Lon: 14,9516 Distanza: 4560,428

Sito 4 ID: 31656 Lat: 41,1765 Lon: 14,8851 Distanza: 5496,860

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75anni

Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 45 [anni]

ag: 0,079 g

Fo: 2,349

Tc*: 0,292 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 75 [anni]

ag: 0,104 g

Fo: 2,326

Tc*: 0,318 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 712 [anni]

ag: 0,320 g

Fo: 2,287

Tc*: 0,389 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1462	[anni]
ag:	0,426	g
Fo:	2,331	
Tc*:	0,413	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,019
Kv:	0,009
Amax:	0,929
Beta:	0,200

SLD:

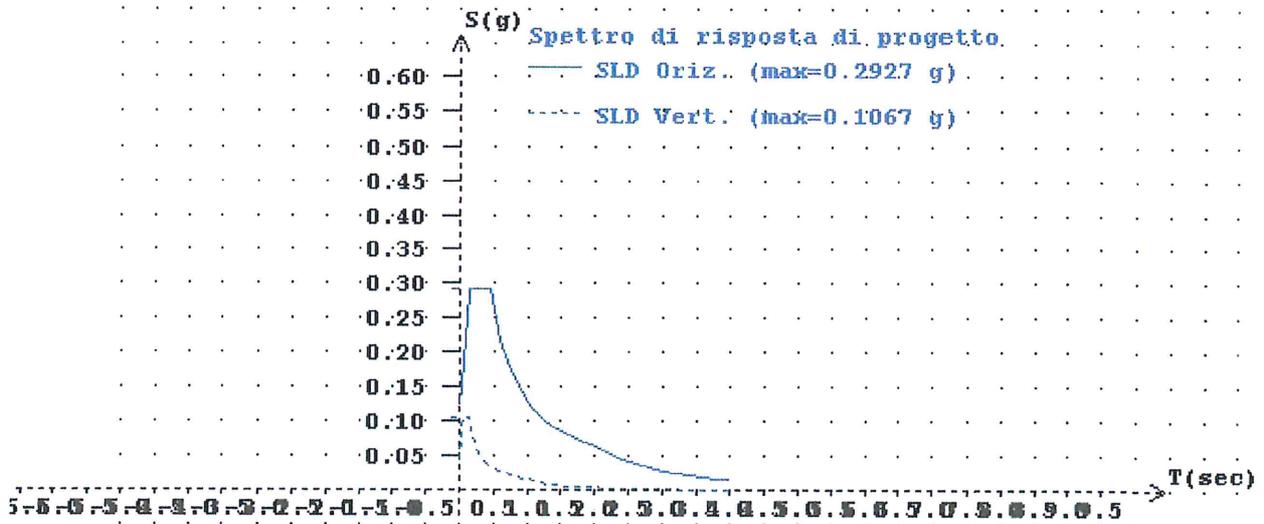
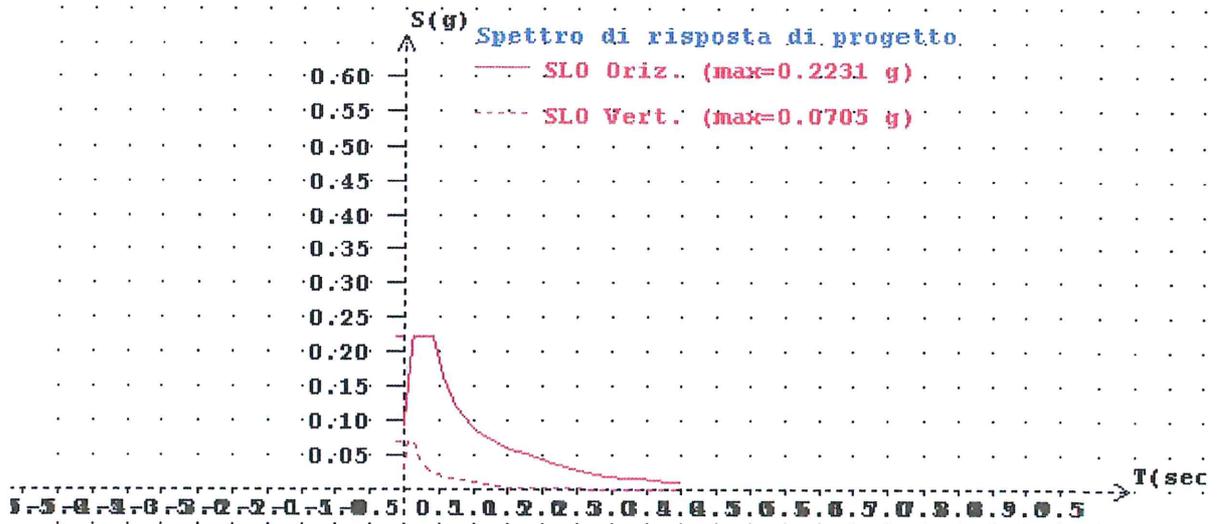
Ss:	1,200
Cc:	1,380
St:	1,000
Kh:	0,030
Kv:	0,015
Amax:	1,223
Beta:	0,240

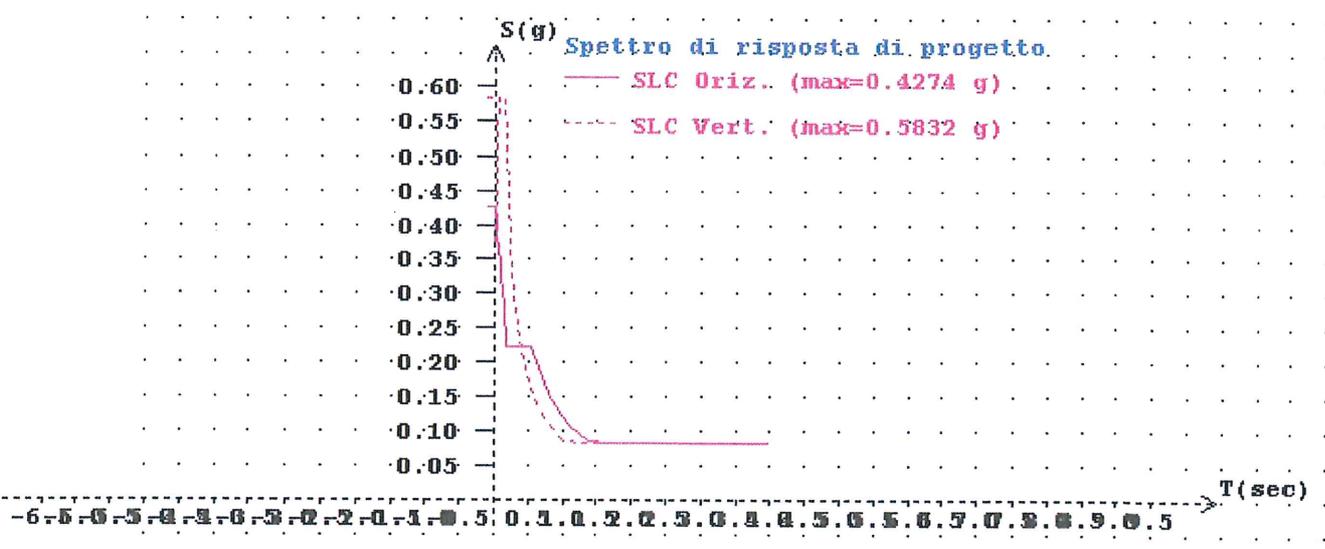
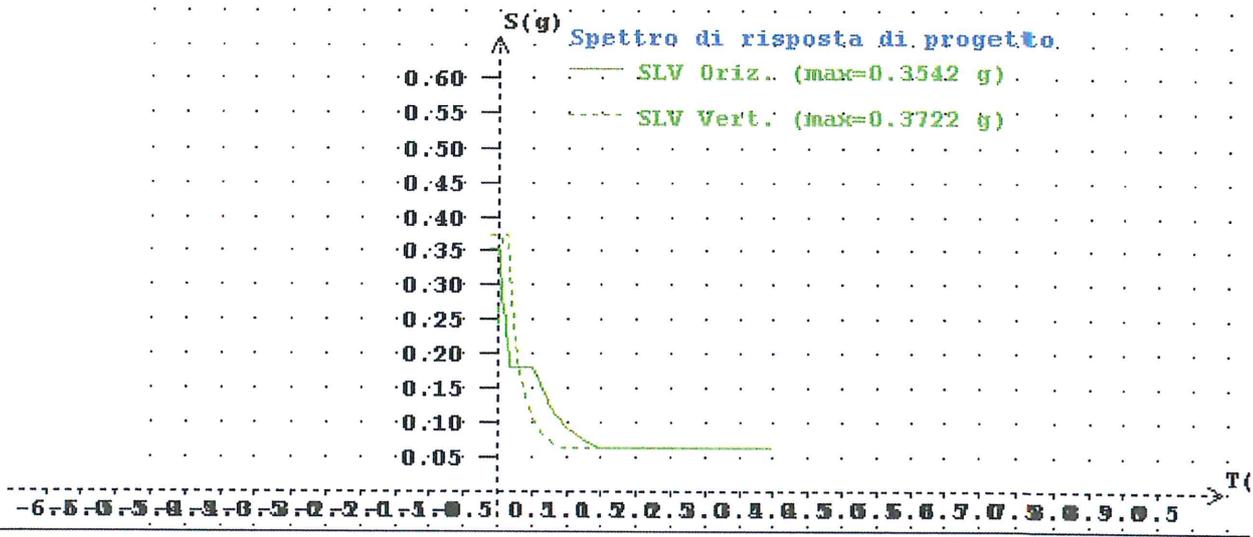
SLV:

Ss:	1,110
Cc:	1,330
St:	1,000
Kh:	0,099
Kv:	0,050
Amax:	3,483
Beta:	0,280

SLC:

Ss:	1,000
Cc:	1,310
St:	1,000
Kh:	0,426
Kv:	0,213
Amax:	4,178
Beta:	1,000





NOTE CONCLUSIVE

Sulla base dei rilievi effettuati e delle risultanze delle indagini eseguite, si possono trarre le seguenti note conclusive.

I lavori da progettare, secondo il parere dello scrivente, devono riguardare la struttura ponte, nel suo complesso, l'alveo entro il quale esso è ubicato e la frana in atto.

Per quanto attiene il ponte, senza entrare nel merito delle tipologie strutturali da progettare, è consigliabile prevedere:

- a. Il rafforzamento delle opere verticali esistenti mediante interventi di consolidamento delle loro strutture fondali ancorandole allo strato “argilloso marnoso” sottostante il deposito alluvionale superficiale;
- b. La ricostruzione del pilone crollato ancorando la sua struttura fondale allo strato “argilloso marnoso” sottostante il deposito alluvionale superficiale;
- c. Opere accessorie atte a salvaguardare dall'azione idrodinamica delle acque fluviali le parti sommerse delle strutture in elevazione.

Per quanto attiene l'alveo, ovviamente con il conforto di uno specifico studio idraulico, è consigliabile prevedere:

- a. La ricomposizione dell'alveo nel tratto a forma di “ansa” (V.si allegata Carta Morfologica ante e post alluvione” intesa come riprofilatura degli argini per addolcire la sinuosità degli stessi;
- b. Il livellamento del letto del fiume secondo una più adeguata distribuzione delle sue pendenze;
- c. Idonee opere trasversali alla direzione di deflusso atte a favorire una sorta di laminazione delle acque soprattutto in condizioni di piena;
- d. Una difesa spondale soprattutto lungo l'argine sinistro del fiume dove è stata maggiormente incisiva l'azione erosiva delle acque di deflusso (V.si Carta Morfologica e Carta Idrogeologica ante e post alluvione).

Per quanto attiene la frana in atto, senza entrare nel merito delle tipologie strutturali da progettare, è consigliabile prevedere:

- a. Un presidio statico (Muro, palificata, gabbionate, muro su pali, etc.) di altezza almeno pari alla metà di quella del rigetto;
- b. Un’adeguata opera di regimentazione delle acque superficiali atta ad allontanare le stesse dal corpo della frana.

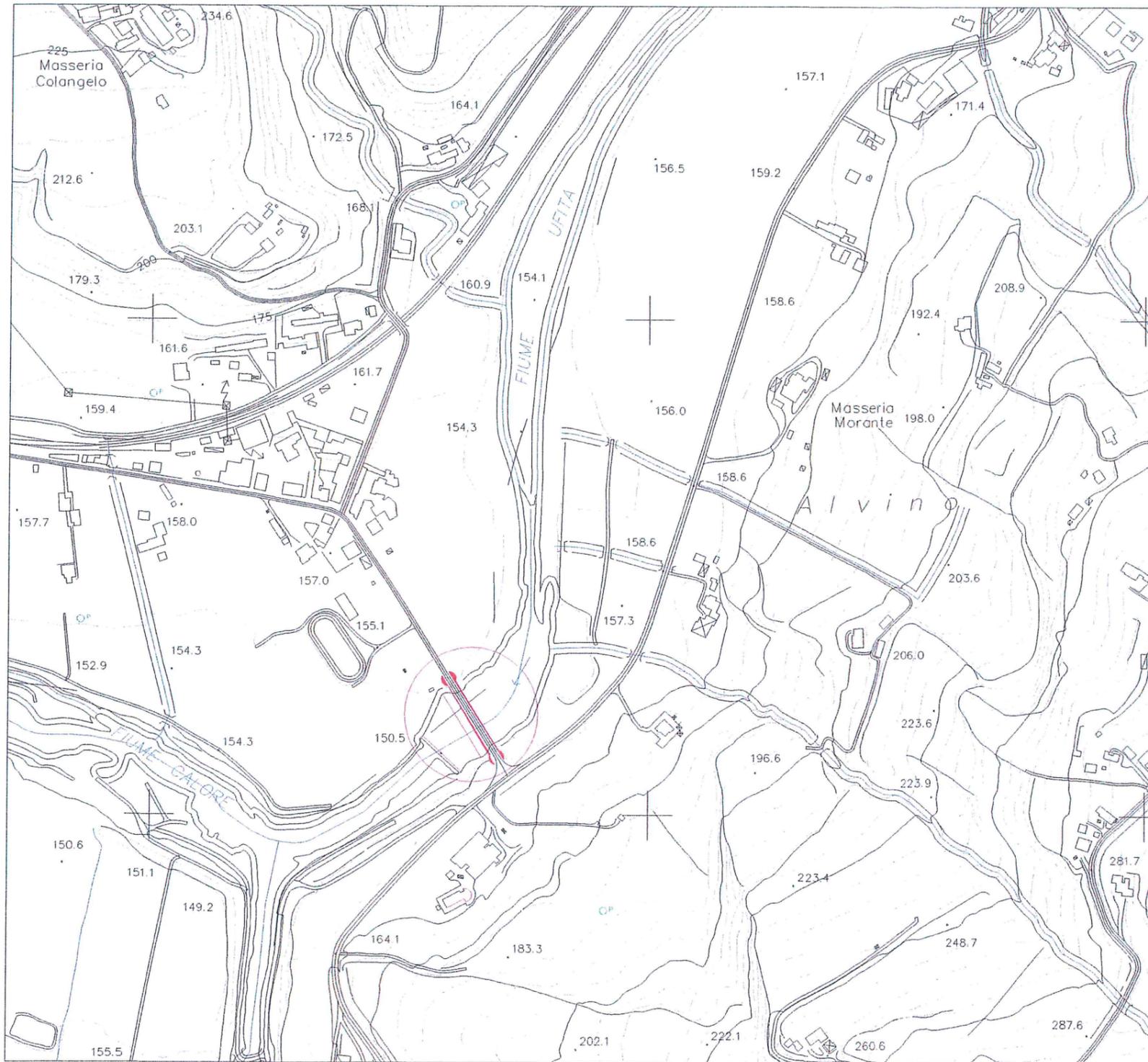
Allegati al testo

- Stralcio Topografico – Scala 1:5.000
- Copia del fascicolo delle indagini geognostiche eseguite nel mese di Novembre 2014 dall’Impresa Geo-In Srl
- Fascicolo delle due prospezioni sismiche superficiali (MASW) eseguite nel mese di Novembre 2014
- Copia del fascicolo delle indagini geognostiche eseguite nel mese di Febbraio 2015 dall’Impresa Tecno In Spa nell’Ambito del Progetto STRIT.

Venticano, lì Aprile 2016

Dr. Geol. Claudio SACCO





STRALCIO TOPOGRAFICO – SCALA 1:5000



Ubicazione del ponte sul Fiume Ufita da Ripristinare.



Geol. Claudio Sacco

Aprile 2016

C. Sacco



Geo-In srl

APPLICAZIONE ALLA GEOLOGIA E INGEGNERIA
Z. I. Ponte Valentino - BENEVENTO tel/fax: 0824 351344

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE IN SITO
Concessione n° 5024 del 25 maggio 2011 DRP 380 art. 59



Accettazione PS 323/2014 n°414
del 25 novembre 2014

Rapporti di Prova dal n°2698 al n° 2609 anno 2014

Spett.le
dott. geol. Claudio SACCO

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

RIPRISTINO FUNZIONALE PONTE SULL'UFITA

Loc. Apice Scalo - Comune di Apice (BN)





Geo-In srl

ZONA INDUSTRIALE PONTE VALENTINO - 82100 BENEVENTO
tel e fax 0824-351344 e-mail: info@geo-in.it

Accettazione PS n° 323/2014 del 25 novembre 2014

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento
Richiedente: dott. Geol. Claudio Sacco
Progetto: Ripristino funzionalità ponte sull'Ufita
Località: Apice Scalo
Comune: Apice (BN)

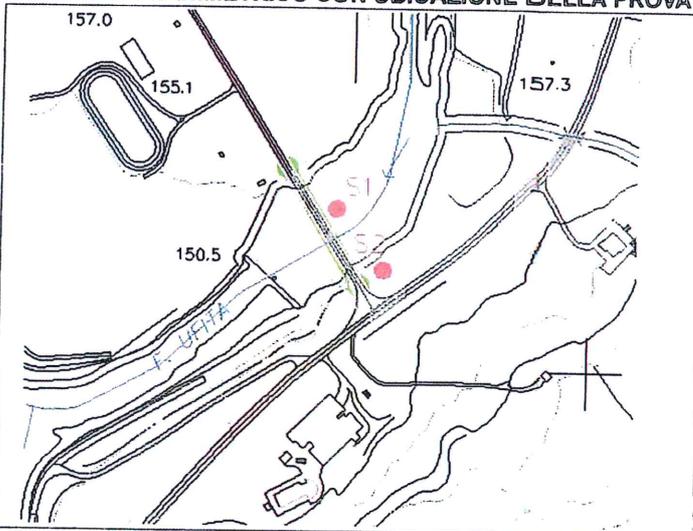
LABORATORIO AUTORIZZATO MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
N° 5024 del 25-5-2011 DPR 380/11 art 59
INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVI DEI CAMPIONI ED INDAGINI IN SITO

INDAGINI IN SITO

PROVE ESEGUITE

- Sondaggio geognostico S1
mt 25,00 rapporto di prova.2608-2014
- Sondaggio geognostico S2
mt 10,00 rapporto di prova.2609-2014

STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE DELLA PROVA



DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA

CAROTAGGIO CONTINUO

Tutte le indagini eseguite sono state effettuate a carotaggio continuo con il prelievo della carota disposta in apposite cassette catalogatrici. Il carotaggio è stato eseguito a secco, nei terreni più sciolti e con circolazione di fluido in quelli di natura litoide. L'espulsione della carota è stata effettuata o con spinta idraulica (acqua) o in caso di materiale litoide tramite martellamento del carotiere, il tutto raccolto in contenitore adatto e riposto, secondo la profondità, nelle apposite cassette. La strumentazione utilizzata per le indagini è la seguente: Sonda perforatrice a rotazione di marca CMV modello MK 600 D, anno di produzione 2004, peso circa 6700 kg, coppia massima di rotazione 600 kgm, velocità di rotazione massima 400 g/min; corsa di 3300 mm, Aste lunghezza 1500 mm diametro 76 mm spessore 6,6 mm, Carotiere di tipo semplice diametro 101 lunghezza 3000 mm e corona con denti in widia, Pompa fanghi del tipo a vite con pressione massima di esercizio 30 bar.

STANDARD PENETRATION TEST

La prova SPT si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionario di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa sulle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0,75 m.

Durante la prova si misura:

N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionario per i primi 15 cm

N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionario nei successivi 15 cm;

N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore: $N_{SPT} = N_2 + N_3$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m; Testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste; Maglio di acciaio di 63,5 kg; Dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0,76 m; Centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna; Campionario standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm. Nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm e angolo 60°. Il campionario Raymond consta di un tubo diviso longitudinalmente a metà, i due semitubi sono tenuti insieme, durante l'infissione, da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa. Alla fine della prova si svita la scarpa, il carotiere si apre in due permettendo di estrarre il campione di terreno.

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Geo-In srl

Zona industriale Ponte Valentino - 82100 Benevento
tele e fax 0824-351344 e-mail: info@geo-in.it

LABORATORIO AUTORIZZATO MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
N°5024 del 25-5-2011 DPR 380/01
INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DEI CAMPIONI ED INDAGINI IN SITO

Sondaggio geognostico S1

Accettazione PS 323/2014 del 25/11/2014

Rapporto di prova n° 2688 del 28/11/2014

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Richiedente: dott. geol. Claudio Sacco

Progetto: Ripristino funzionalità ponte sull'Ufita

Località: Apice Scalo Comune di Apice (BN)

Profondità: 25,00 mt Cassetta n°5 quota p.c.: ___ mt data: dal 26/11/2014 al 26/11/2014 Attrezzatura: sonda CMV600 MK
Tipo carotaggio: continuo Ø mm101 Tipo Carotiere: semplice Rivestimento 127 Ø mm 1,5 Operatore: sig. Giglio Giuseppe
Condizionamento foro e note:

Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot			Camp. S=Shelby O=Osterberg M=Moza	Pocket Kg/cm ²	H ₂ O	SPT A=Punta Aperta C=Punta Chiusa
				25	50	75				
1										
2										
3										
4	3,7	3,7	Ciottolame arrotondato di varia natura, eterometrico frammisto a sabbia, limo e ghiaietto (misto di fiume)							
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15			Argilla siltosa e marnosa, di colorazione grigio plumbea, con frammisto pezzame litico e sabbia limosa anch'essa grigiastria							
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25	25,0	Fine Foro								
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										

A
SPT mt 5,5
(17-50-Rif)





Geo-In srl

Zona industriale Ponte Valentino - 82100 Benevento
tele e fax 0824-351344 e-mail: info@geo-in.it

LABORATORIO AUTORIZZATO MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
N°5024 del 25-5-2011 DPR 380/01
INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DEI CAMPIONI ED INDAGINI IN SITO

Sondaggio geognostico S2

Accettazione PS 323/2014 del 25/11/2014

Rapporto di prova n° 02609 del 28/11/2014

Committente: Amministrazione provinciale di Benevento

Richiedente: dott. geol. Claudio Sacco

Progetto: Ripristino funzionalità ponte sull'Ufita

Località: Apice Scalo Comune di: Apice (BN)

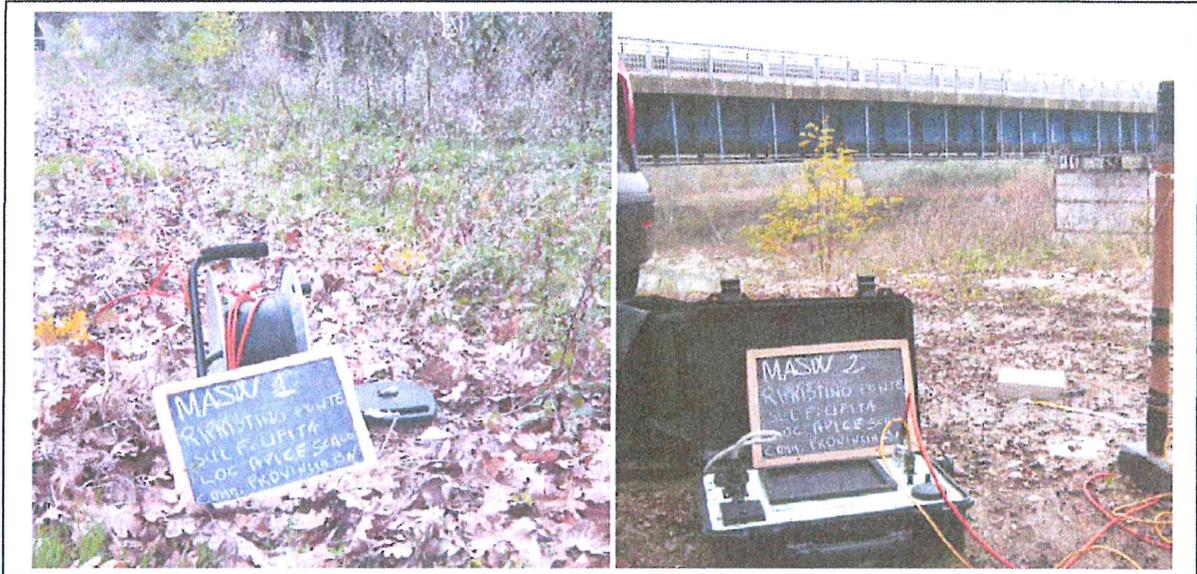
Profondità: 10,00 mt Cassette n°2 quota p.c.: ___ mt data: dal 26/11/2014 al 26/11/2014 Attrezzatura: sonda CMV600 MK
Tipo carotaggio: continuo Ø mm101 Tipo Carotiere: semplice Rivestimento 127 Ø mm 1,5 Operatore: sig. Giglio Giuseppe
Condizionamento foro e note:

Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot			Camp. S=Shelby O=Osterberg N=Noia	Pocket Kg/cmq	H2O	SPT A =Punta Aperta C = Punta Chiusa
				25	50	75				
1	0,7	0,7	Ciottolame arrotondato di varia natura, eterometrico frammisto a sabbia, limo e ghiaietto							
2										
3										
4			Sabbia grossolana, di colorazione ocra, con inclusioni limose e ciottolose, il suo grado di addensamento è medio-basso							
5										
6										
7	6,8	6,1								
8										
9			Argilla siltosa e marnosa, di colorazione grigio plumbea, con frammisto pezzame litico e sabbia limosa anch'essa grigiastra							
10	10,0	Fine Foro								
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										



U. Lonardo

RELAZIONE GEOFISICA



Comune di Apice

Oggetto: "Ripristino ponte sul Fiume Ufita – Loc. Apice scalo".

Committente: *Amministrazione Provinciale di Benevento*

Novembre 2014

Il responsabile tecnico

Dott. Geol. Giuseppe Solla



Via Aldo Moro n° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
Cell. 320 1473117 Fax 0824.40074
e-mail_solla.giu@gmail.com P. 01504520626
Prot. MWM2714

INDICE

PREMESSA.....	4
PARAMETRIZZAZIONE Vs30.....	4
INDAGINE GEOFISICA.....	5
METODOLOGIA OPERATIVA.....	6
ESAME DEI RISULTATI.....	8
ELABORAZIONE.....	10



Premessa

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione Provinciale di Benevento, sono state eseguite due prospezioni geofisiche per valutare le variazioni di velocità delle onde "S" nel sottosuolo e determinare quindi il parametro Vs30, in ottemperanza alla vigente normativa sismica.

A tale scopo è stata effettuata un'indagine sismica di superficie di tipo M.A.S.W. (multichannelanalysis of surfacewaves).

Delibera G.R.C. n°49 del 23/01/2010, firmato da professionista geologo abilitato ai sensi del D.P.R. 328/2001.

Committenti: Amministrazione Provinciale di Benevento

Oggetto: "Ripristino ponte sul Fiume Ufita".

Prospezioni sismiche M.A.S.W. (MultichannelAnalysis of SurfaceWaves) n° 1

PARAMETRIZZAZIONE Vs30

Le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riportate al punto 3.2.2 nell'ultimo decreto di riferimento sono definite, preferibilmente, in virtù del parametro Vs30, ovvero della velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità rispetto al piano di fondazione delle onde di taglio, calcolata con la seguente espressione :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Attraverso tali parametri è possibile pervenire alla categoria di suolo cui appartiene il profilo stratigrafico del sito in esame così come sintetizzato nella seguente tabella riportata nella normativa in esame:



“Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche” Capitolo 3 Azioni sismiche - Tabella 3.2.II:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori 100 m/s (ovvero $10 < c_{uS30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

INDAGINE GEOFISICA

L'indagine condotta è stata realizzata mediante allineamento di geofoni equidistanti disposti sul terreno, che registrano gli effetti di perturbazioni prodotte da una sorgente, generalmente un grave in caduta libera che impatta la superficie.

Il segnale che si propaga in seguito all'impatto è per i 2/3 rappresentato da onde S che, peraltro esprimono il maggiore contenuto d'energia. I modelli matematici che consentono di elaborare tali tipi di propagazione operano l'analisi spettrale del sismogramma grazie all'applicazione di una trasformata di Fourier. Lo spettro del segnale nel cosiddetto dominio trasformato, consente una relativamente facile separazione delle varie componenti del segnale, tra le quali quello delle onde S di interesse.



Via Aldo Moro n° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
Cell. 320.1473117 Fax: 0824.40074
g-mail_solla.giu@gmail.com P.I. 01504520626
Prot. MWM2714

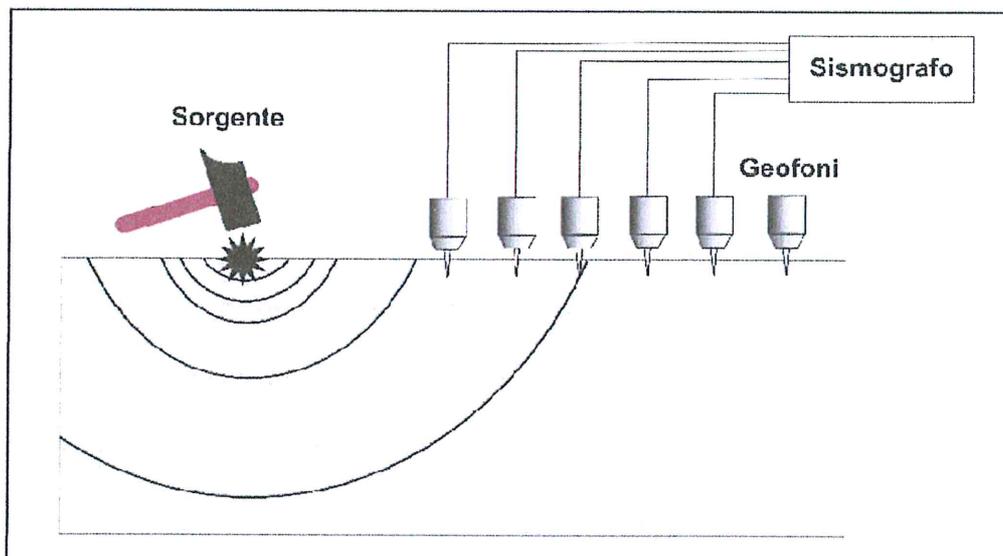
Lo spettro consente di visualizzare le onde S, le quali si propagano a velocità variabile a seconda della frequenza delle onde stesse, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde e quindi caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, la quale associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Essa è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché corrisponde ai massimi del valore assoluto dello spettro. A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente mutato, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva relativa al sito in esame.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo PASI 12S12L, dotato degli accessori per l'esecuzione di prospezioni sismiche di superficie.

METODOLOGIA OPERATIVA

L'indagine sismica M.A.S.W. è stata realizzata con un set di 12 geofoni disposti su allineamenti rettilinei equidistanziati, eventualmente replicato in almeno due array, successivamente composti via software in un unico sismogramma per il complessivo numero di tracce registrate (24 tracce). L'equidistanza dei geofoni varia da 0,5 – 1,0 m, su terreni litoidi, fino a 2 - 5 metri su litologie sciolte o coesive, l'energizzazione è unilaterale con offset 5 – 10 m. Il sismogramma rilevabile viene registrato con un fondo scala di 1 sec, in modo da captare anche le onde superficiali Rayleigh, e un tempo di campionamento tra 0,1 sec e 250 m/sec.

La sorgente energizzante è normalmente data dalla battuta di un martello strumentato su apposita piastra per onde "S", oppure, per stendimenti che coprono lunghe distanze, da un energizzatore sismico, tipo Isotta della PASI.



Il software utilizzato è WinMasw4.6 prodotto dalla eliosoft, il quale consente di analizzare dati sismici, in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della VS.

Tale risultato viene ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- Determinazione dello spettro di velocità
- Inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi evoluti.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).



In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (searchspace) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta anche con una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuate grazie all'impegno di tecniche statistiche.

ESAME DEI RISULTATI

L'indagine sismica di superficie è stata condotta con l'allineamento di 12 geofoni da 4,5hz, spaziatura intergeofonica di 4 m e offset di energizzazione a 5 m ed a 7 m, per poi fondere i due dataset, tramite **implementazione software**, ottenendo un unico sismogramma a 24 tracce.

I risultati della prospezione vengono proposti in una serie di grafici che riportano diverse informazioni. Nel primo sono presentati il **dataset** sismografico utilizzato e il relativo spettro di velocità, segue poi il **picking** eseguito sullo spettro di velocità, per identificare la curva del modello migliore e quella del modello medio.

Di seguito, è presentato il profilo verticale della VS in funzione della profondità, insieme al quale (in basso) viene fornita la VS media fino a 30 metri di profondità per entrambi i modelli finali (il "migliore" ed il "medio") (la VS30 è il parametro tecnico fondamentale richiesto dalla normativa sismica). Compare infine un modello della successione sismo stratigrafica ricostruita

Si noterà che sono due i modelli presentati come soluzione: **il modello "migliore"** (in termini di minor misfit, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata) e un **modello medio** calcolato secondo un'operazione statistica nota come MPPD (MarginalPosteriorProbabilityDensity, vedi ad esempio l'articolo "RayleighWaveDispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and PosteriorProbabilityDensity Evaluation" – Dal Moro et al, 2006).

In accordo alla normativa italiana, WinMASW fornisce una classificazione dei terreni sulla base della VS30. Il software identifica le tipologie di suolo A B C D S1. Per le categorie S2 ed E è richiesta l'interpretazione dell'utente.



Via Aldo Moro n° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
Cell. 320 1473117 Fax: 0824.40074
e-mail_solla.giu@gmail.com P.I. 01504520626
Prot. MWM2714

Ai sensi dell'ultima modifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanata con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008, la classe di sottosuolo è individuata in base al valore della V_{S30} e in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del sito, secondo il seguente schema identificativo, riportato nella predetta norma al punto 3.2.2.

Resta quindi compito del professionista, sulla base della locale successione stratigrafica, e dei valori delle velocità VS, individuati attraverso la presente prospezione, definire la classe di suolo ai sensi della più volte citata normativa.

I risultati ottenuti nel caso in esame sono sintetizzati nelle seguenti pagine:

ELABORAZIONE MASW n.1

		RISULTATI WINMASW 4.6
Comune di	Apice	
Committenti:	Amministrazione Comunale	
Oggetto:	"Ripristino ponte sul fiume Ufita".	

offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m):	4
campionamento (msec):	0.125

Modello medio

VS (m/sec)	129	178	430	816
Deviazione standard	11	2	70	29
Spessore (m)	0.7	8	4	
Deviazione standard	0.1	0.3	0.7	

Moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	269	373	895	1527
Stima della densità (gr/cm3):	1.74	1.82	2.03	2.16
Rapporto VP/VS:	2.08	2.08	2.08	1.87
Modulo di Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30

Modello migliore

VS (m/sec):	122	178	482	817
spessore (m):	0.6	8	4.5	

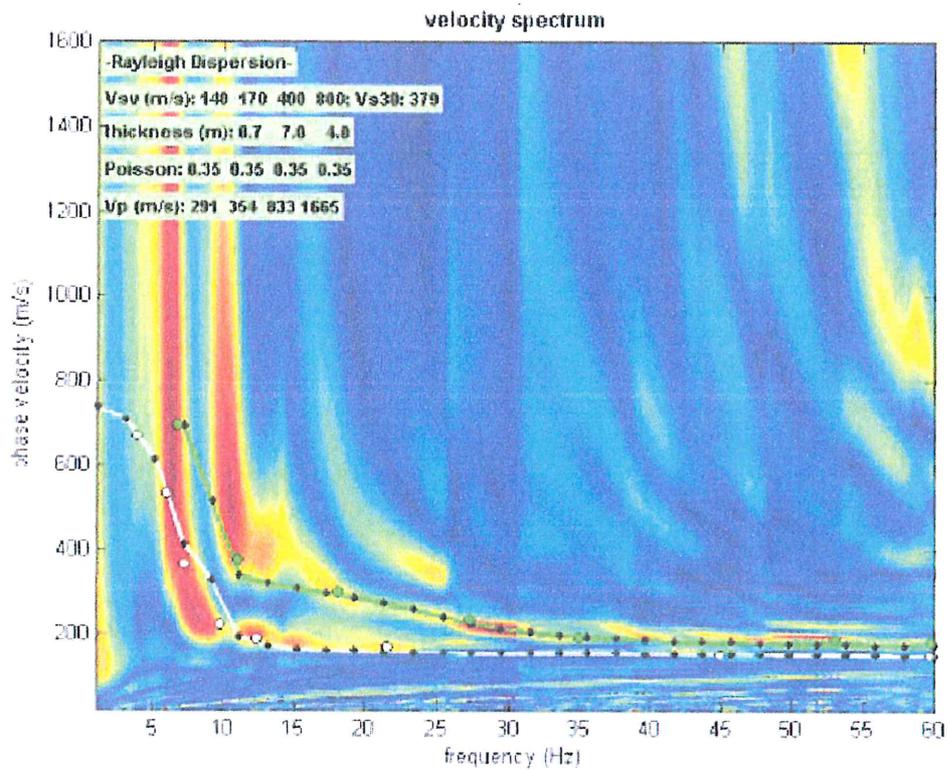
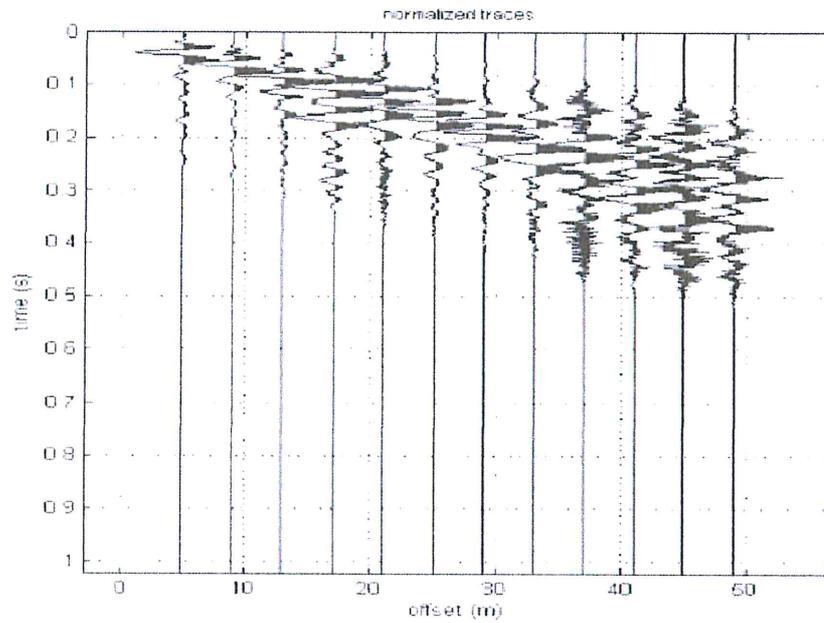
VS5 del modello medio:	170 m/s
VS5 del modello migliore:	169 m/s
VS20 del modello medio:	294 m/s
VS20 del modello migliore:	296m/s
VS30 del modello medio:	374 m/s
VS30 del modello migliore:	376 m/s

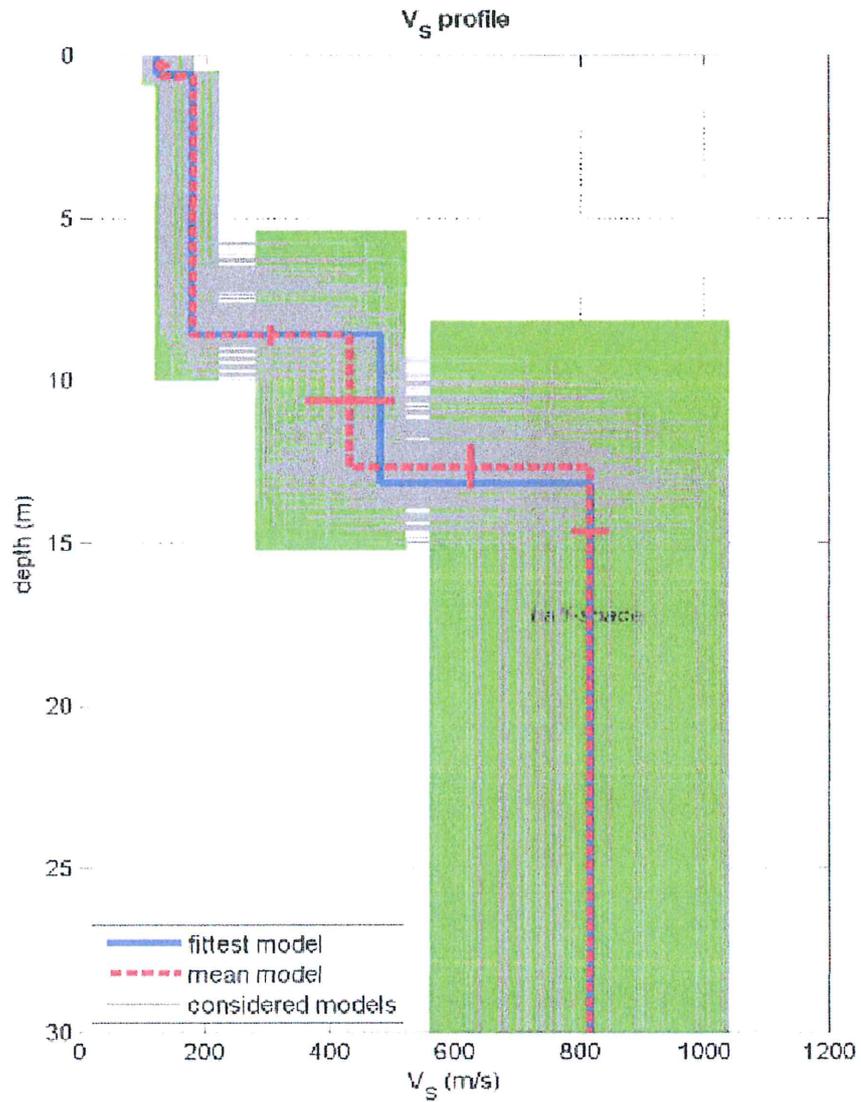
Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method": 45 m
Qualità inversione: molto buona



Via Aldo Moro n° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
 Cell 320 1473117 Fax: 0824 40074
 e-mail: solla.giu@gmail.com P.I. 01504520626
 Prot. MWM2714

dataset inc-5ur.DAT
 sampling: 1.001 ms
 minimum offset 5 m
 geophone spacing 4 m





dataset: inc-5uf.DAT

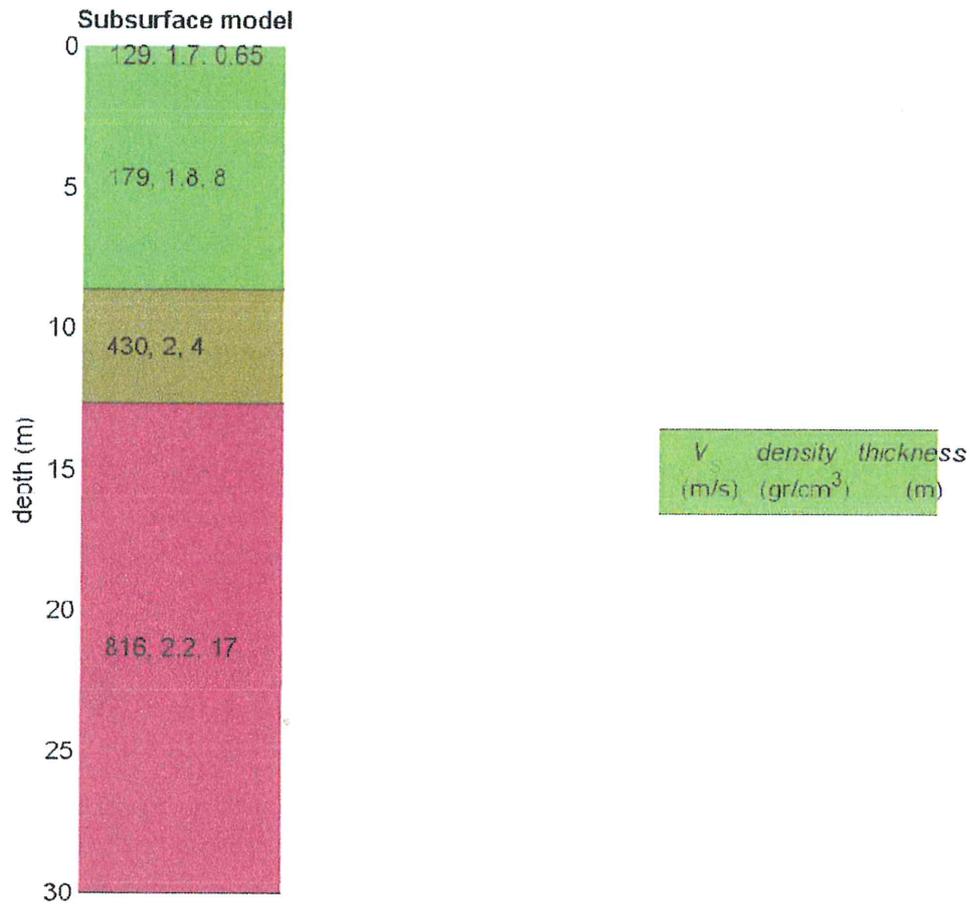
dispersion curve: pntft#scc.cdp

Vs30 (best model): 376 m/s

Vs30 (mean model): 374 m/s



Via Aldo Meron° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
 Cell. 320 1473117 Fax: 0824.40074
 e-mail: solla.giu@gmail.com P.I. 01504520626
 Prot. MWM2714



VS30 (m/sec): 374 (Modello medio)
Possibile Tipo di Suolo: B (Modello medio)



Via Aldo Moro n° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
 Cell. 320 1473117 Fax: 0824.40074
e-mail_solla.giu@gmail.com P.I. 01504520626
 Prot. MWM2714

ELABORAZIONE MASW n.2

offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m):	4
campionamento (msec):	0.125

Modello medio

VS (m/sec)	169	203	368	887
Deviazione standard	9	3	9	40
Spessore (m)	1.1	4.3	11.4	
Deviazione standard	0.1	0.3	1	

Moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	352	423	766	1659
Stima della densità (gr/cm3):	1.80	1.85	1.99	2.18
Rapporto VP/VS:	2.08	2.08	2.08	1.87
Modulo di Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30

Modello migliore

VS (m/sec):	162	203	372	859
spessore (m):	1	4.5	10	

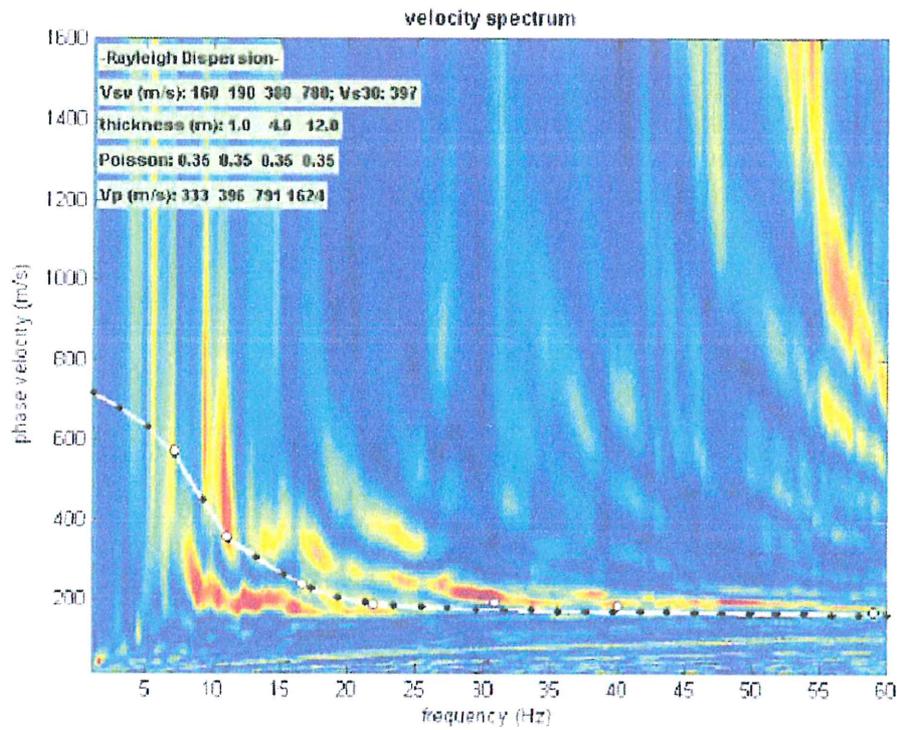
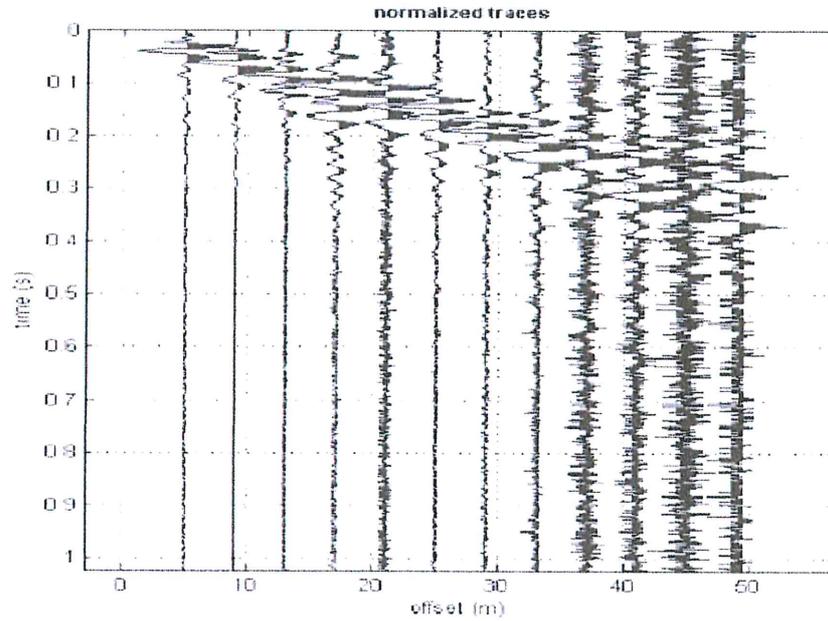
VS5 del modello medio:	194 m/s
VS5 del modello migliore:	193 m/s
VS20 del modello medio:	321 m/s
VS20 del modello migliore:	323m/s
VS30 del modello medio:	408 m/s
VS30 del modello migliore:	408 m/s

Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method": **38 m**
 Qualità inversione: molto buona



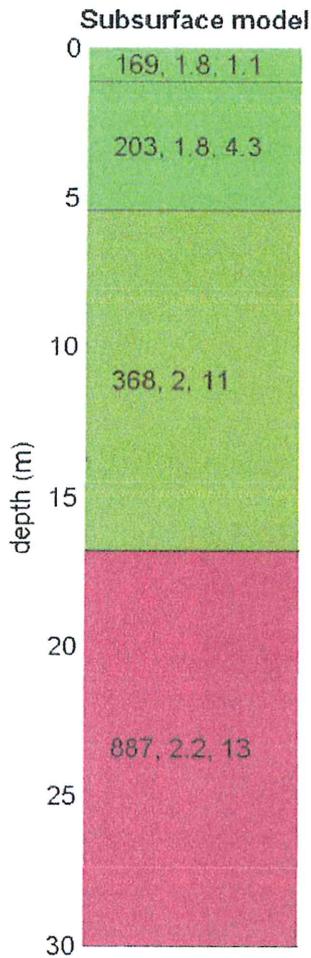
Via Aldo Moro n° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
 Cell. 320.1473117 Fax 0824.40074
 e-mail sollagiu@gmail.com P.I. 01504520626
 Prot. MW2714

dataset ponte of DAT
 sampling 1.001 ms
 minimum offset 5 m
 geophone spacing 4 m





Via Aldo Moro n° 18, San Giorgio del Sannio (BN)
 Cell. 320.1473117 Fax 0824.40074
 e-mail solla.giu@gmail.com P.I. 01504520626
 Prot. MWM2714



V_s	density	thickness
(m/s)	(gr/cm ³)	(m)

VS30 (m/sec): 408 (Modello medio)
Possibile Tipo di Suolo: B (Modello medio)

Il responsabile tecnico
 Dott. *Giuseppe Solla*



Strit

PROGETTO STRIT – Strumenti e Tecnologie per la gestione del Rischio delle Infrastrutture di Trasporto.

**Ponte sul fiume UFITA
Indagini diagnostiche strutturali**

RAPPORTO PROVE



	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 284-14 ediz. 20.02.15 LL - Rev. 0 Pag. 2 di 15
--	---	---

INDICE

1 - Premessa	3
2 - Descrizione dell'attrezzatura utilizzata	5
2.1 - Sondaggi	5
2.2 - Prove SPT	6
2.3 - Campioni indisturbati, rimaneggiati e prove di laboratorio.....	8
3 - Risultati delle indagini geognostiche	9
3.1 - I sondaggi	9
3.2 - Prove penetrometriche (SPT).....	12

ELABORATI ALLEGATI

Allegato 1 di 4: Stralcio dell'area, con ubicazione delle indagini;

Allegato 2 di 4: Certificati stratigrafici;

Allegato 3 di 4: Certificati delle prove SPT;

Allegato 4 di 4: Allegato fotografico;

Allegato Esterno A: Prove di laboratorio;

Allegato Esterno B: Prova sismica "down-hole".

1 - Premessa

Nell'ambito del *Progetto di Ricerca STRIT - PON01_02366 Strumenti e tecnologie per la gestione del rischio delle infrastrutture di trasporto, delle Infrastrutture e dei Trasporti*, la *Tecno In S.p.A.*¹, è stata incaricata dell'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche sismiche e

diagnostiche, per la verifica delle condizioni dei terreni sui quali insistono le strutture del **Ponte sul fiume Ufita** (foto 1) ubicato lungo la S.P.163 nel comune di S. Arcangelo Trimonte (BN) in località Iscalonga.

In merito alle indagini diagnostiche realizzate in campo, riferiscono le "Note" appositamente redatte.

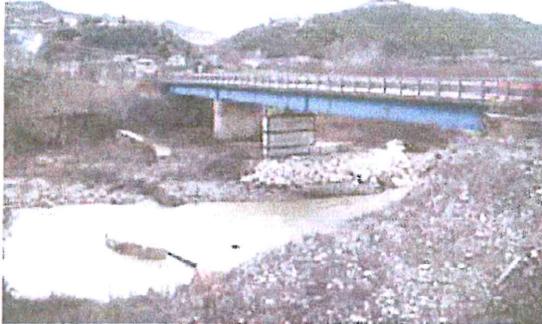


Foto1: Il Ponte sul fiume Ufita, oggetto delle indagini

All'interno dell'unico foro di sondaggio "S1", realizzato in spalla sx del fiume Ufita (foto 2), è stato installato un tubo in PVC da 3" per la prevista successiva realizzazione di una prova sismica del tipo "down-hole". Delle risultanze delle suddette indagini sismiche, riferirà l'Allegato Esterno A, alla presenti "Note".

All'interno del foro di sondaggio sono state realizzate, un totale di 6 prove penetrometriche dinamiche "S.P.T." e sono stati prelevati 3 campioni indisturbati, per le relative prove di laboratorio.



Foto 2: Il foro di sondaggio "S1", realizzato in spalla sx del fiume Ufita, mentre viene attrezzato per la down-hole

¹ R.C. 284/14

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 284-14 ediz. 20.02.15 LL - Rev. 0 Pag. 4 di 15
--	--	---

Le indagini² hanno avuto lo scopo di:

- definire la successione stratigrafica del sottosuolo;
- caratterizzare dal punto di vista geomeccanico gli orizzonti investigati;
- verificare la presenza o meno della falda freatica;

Le attività di cantiere hanno avuto inizio il giorno 11.02.15 e sono terminate il 13.02.15.

² Tutte le indagini sono state eseguite in conformità alle norme AGI (Associazione Geotecnica Italiana).

2 - Descrizione dell'attrezzatura utilizzata

2.1 - Sondaggi

Per la realizzazione dei sondaggi, è stata utilizzata una perforatrice idraulica cingolata "CMV 600" (foto 3), con le caratteristiche e gli accessori di scavo di seguito elencati:

- testa di rotazione 620 kg di coppia;
- slitta di avanzamento 4.50 m;
- centralina oleodinamica;
- argano idraulico;
- freno blocca aste;
- pompa a pistone 200 l-50 bar.

Gli utensili utilizzati sono stati i seguenti:

- aste di manovra diam. 76-50 mm;
- carotiere semplice \varnothing 101 mm;
- carotiere doppio T2, \varnothing 101 mm;
- tubi di rivestimento \varnothing 127 mm;
- corone e scarpe con inserti in widia.



Foto3: Sonda CMV 600

La scelta del metodo di perforazione utilizzato (perforazione con rotazione, a carotaggio continuo) è stata dettata dagli scopi preposti, nonché dalle litologie presenti nell'area in studio; sono stati utilizzati quantitativi d'acqua minimi, necessari al buon funzionamento e al raffreddamento degli utensili di perforazione. I campioni estratti sono stati conservati in apposite cassette catalogatrici ed analizzati da un geologo (foto 4). All'interno del foro di sondaggio "S1" e fino a fondo foro (36.00 m), è stato cementato un tubo cieco da 3", in PVC, al fine di permettere la successiva realizzazione di una prova sismica del tipo "down-hole" (foto 5)



Foto4: Un esempio di campionamento in cassetta



Foto5: L'installazione del tubo cieco da 3", per la successiva prova sismica del tipo "down-hole"

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 284-14 ediz. 20.02.15 LL - Rev. 0 Pag. 6 di 15
--	---	---

2.2 - Prove SPT

All'interno dei due fori di sondaggio, durante le fasi di carotaggio, a più altezze, sono state realizzate, in totale, 6 prove penetrometriche dinamiche S.P.T..

Tale tipologia di prova³ consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo del foro di sondaggio; tale resistenza è funzione delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni.

La prova consiste nel far cadere un maglio dal peso di 63.5 Kg da un'altezza di 760 mm (foto 6), su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore RAYMOND di dimensioni standardizzate (foto 7-8-9); Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione ($N_{S.P.T.}$).

Prima dell'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche, dal foro di sondaggio vengono eliminati eventuali sedimenti che potrebbero inficiare l'esito della prova.

Nella tabella 1 della pagina seguente, riepilogativa delle prove SPT, si riporta: la sigla identificativa del sondaggio, la quota del p.c. in m s.l.m., la profondità massima raggiunta durante la perforazione, la profondità di rinvenimento della falda dal p.c., il n° di prove S.P.T. eseguite, la profondità di esecuzione delle prove dal p.c., la profondità di esecuzione delle prove in m s.l.m., il n° di colpi registrati, il tipo di punta utilizzata e l'indicazione generica della litologia investigata.



Foto6: Una prova SPT in corso in SI

³ La prova è compresa negli standard ASTM (D. 1586-67 riapprovata nel 1974 rivista D. 1586-84) che ancora più recentemente ha emanato uno standard (D. 4633-86) in cui descrive il metodo di misura dell'energia cinetica, sviluppata da un colpo di maglio, che entra effettivamente nella batteria di aste. L'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.) ha incluso la prova nelle raccomandazioni per le indagini geotecniche (1977); la raccomandazione è più restrittiva dell'ASTM ma non è aggiornata con la misura dell'energia.



Foto7-8-9: Il campionatore Raymond prima e dopo una prova S.P.T. , e con la punta chiusa

Tabella 1: Prove SPT

Sond	Quota p.c. (m s.l.m.) ^d	Prof max (m)	Falda m dal p.c. (m s.l.m.)	Prove S.P.T (n°)	Prof. di esecuzione (m dal p.c.)	Prof. di esecuzione (m s.l.m.)	Colpi (n°)	Tipo di punta	Litologia
S1	200.00	36.00	7.00 (193.00)	6	2.00/2.45	198.00/197.55	15/10/8	Aperta	Ripporto
					4.00/4.45	196.00/195.55	13/10/7	Aperta	Ripporto/Sabbia
					6.00/6.40	194.00/193.60	14/30/Rif.	Aperta	Sabbia
					9.00/9.45	191.00/190.55	10/9/11	Aperta	Sabbia
					11.30/11.75	188.70/188.25	13/25/43	Aperta	Sabbia
					15.50/15.95	184.50/184.05	16/27/43	Aperta	Argilla

^d La quota del sondaggio è indicativa, desunta dalla cartografia esistente

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 284-14 ediz. 20.02.15 LL - Rev. 0 Pag. 8 di 15
--	---	---

2.3 - Campioni indisturbati, rimaneggiati e prove di laboratorio

Durante l'esecuzione del sondaggio, sono stati prelevati a diverse profondità, 3 campioni indisturbati, con campionatore tradizionale tipo shelby, costituito da una fustella in acciaio inox a pareti sottili (foto 10), che viene infissa nel terreno senza rotazione allo scopo di indurre il minor disturbo possibile alle caratteristiche del campione stesso.

Immediatamente dopo il prelievo, le superfici esposte dei campioni sono state sigillate con paraffina fusa e nastro adesivo, per garantire la perfetta conservazione delle caratteristiche fisiche del campione.

L'elenco dei campioni prelevati è riassunto nella tabella 2.

Tutti i campioni, sono stati trasportati presso il laboratorio terre della Tecno In S.p.A., con sede in Napoli alla II^a Traversa Strettola S. Anna alle Paludi, 11.



Foto10: La fustella Shelby

Tabella 2: riepilogativa dei campioni indisturbati

Sondaggio	Quota in mt s.l.m.	Falda (mt dal p.c.)	Prof. (m)	Campioni Indisturbati (sigla)	Prof. (mt dal p.c.)	Prof. (mt dal p.c.)
S1	200.00	7.00	36.00	S1/Ci1	17.90/18.30	182.10/181.70
				S1/Ci2	19.40/19.80	180.60/180.20
				S1/Ci3	25.00/25.50	175.00/174.50

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 28-4-14 ediz. 20.02. 15 LL - Rev. 0 Pag. 9 di 15
--	---	---

3 - Risultati delle indagini geognostiche⁵

3.1 - I sondaggi

Nell'ambito delle indagini relative alla progettazione della messa in sicurezza delle strutture del Ponte sul fiume Calore sito in località Iscalonga di S. Arcangelo Trimonte (BN) e alla verifica dei terreni sui quali insiste la struttura, è stato realizzato 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese fra 36.00 m; di seguito si riporta la tabella 3 riepilogativa, con indicazione della sigla identificativa, quota del p.c. e profondità raggiunta.

Tabella 3: Sondaggi

sigla identificativa	quota assoluta p.c. (m s.l.m.) ⁵	profondità max (m dal p.c.)
S1	200.00	36.00

Dalle evidenze delle indagini, alla base della verticale investigata, è presente della marna debolmente argillosa, siltosa di colore grigio azzurrognola. Tale formazione è intercalata da trovanti calcarenitici e da livelli sabbiosi di spessore massimo pari a circa 10 cm.

A monte della marna è presente uno spessore di argilla debolmente marnosa, debolmente sabbiosa, sempre di colore grigio azzurrognolo con inclusi clasti alterati.

Al di sopra delle argille si trova uno spessore di sabbie di circa 9.30 m. Si presentano medio fini debolmente limose di colore oca giallastro, con intercalati livelli coesivi di pochi cm di spessore e trovanti calcarenitici. Sono visibili tracce di ossidazione.

La successione appena descritta è suturata a monte da circa 4 m di terreno di riporto antropico.

La falda è stata intercettata a 7.00 m dal p.c..

Per quanto concerne l'ubicazione dei sondaggi, si rimanda alla planimetria allegata (all. 1), mentre di seguito si riporta la "scheda stratigrafica del sondaggio, nelle quali sono indicate:

- la descrizione litologica;
- la profondità degli strati;
- la profondità raggiunta;
- I campioni indisturati prelevati;
- Le prove SPT realizzate
- la quota del p.c. in m s.l.m.;

In allegato 2, è riportato il certificato stratigrafico, redatto in conformità a quanto dettato dall'art. 59 del D.P.R. del 06/06/01 n° 380 (N.T.C. – Cap. 6 Prospezioni geotecniche), costituito

⁵ Tutte le indagini sono state eseguite in conformità alle norme AGI (Associazione Geotecnica Italiana).

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 284-14 ediz. 20.02.15 LL - Rev. 0 Pag. 10 di 15
--	--	--

da una “colonna stratigrafica”, sulla quale sono indicati, oltre a quanto già presente sulle schede, lo spessore di ogni strato, tutte le tipologie delle attrezzature di perforazione e campionamento e l'eventuale condizionamento operato nei fori di sondaggio.

⁶ La quota assoluta del p.c. è stata desunta dalla battuta topografica dei tecnici

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 28-4-14 ediz. 20.02.15 LL - Rev. 0 Pag. 11 di 15
--	--	---

Sondaggio S1 (11-13/02/2015)

Quota: 200 m s.l.m.

Falda: 7.00 m dal p.c.

Profondità dal p.c. (metri)	Descrizione	Prof. m	Pocket Kg/cm ³
0.00-4.10	<p>Riporto: Terreno di riporto, costituito da clasti eterometrici poligenici, in matrice sabbiosa limosa beige, a tratti scarsa. Fra 2.10/3.50 m, sono intercalati orizzonti sabbiosi, privi di inclusi.</p> <p style="text-align: center;"><i><u>SPT 1 da 2.00/2.45 (a punta chiusa) Colpi (15/10/8)</u></i></p>		
4.10-13.40	<p>Sabbia: Sabbia medio fine debolmente limosa di colore ocra, giallastra, con intercalati orizzonti di circa 1-2 cm di spessore, più coesivi e di colore grigio-azzurrognolo. Fra 5.30/5.50 e 11.80/11.90 sono presenti due trovanti calcarenitici. Sono visibili numerose tracce di ossidazioni, sparse nello strato. Nell'orizzonte compreso fra 10.30/11.80, la colorazione della sabbia è grigio azzurrognolo.</p> <p style="text-align: center;"><i><u>SPT 2 da 4.00/4.45 (a punta chiusa) Colpi (13/10/7)</u></i> <i><u>SPT 3 da 6.00/6.40 (a punta chiusa) Colpi (14/30/Rif.)</u></i> <i><u>SPT 4 da 9.00/9.45 Colpi (10/9/11)</u></i> <i><u>SPT 5 da 11.30/11.75 Colpi (13/25/43)</u></i></p>		
13.40-18.30	<p>Argilla: Argilla debolmente marnosa, debolmente sabbiosa, di colore grigio-azzurrognolo. Si presenta compatta e con inclusi clasti alterati, in disfacimento, di dimensioni al massimo centimetriche.</p> <p style="text-align: center;"><i><u>SPT 6 da 15.50/15.95 Colpi (16/27/43)</u></i></p> <p><i><u>S1/C1 (17.90/18.30)</u></i></p>	13.50 14.00 Da 14.50	1.60 4.50 >6.00
18.30-36.00	<p>Marna: Marna debolmente argillosa, siltosa, di colore grigio-azzurrognolo. Nei pochi punti in cui si presenta discontinua, le fratture si presentano con un angolo di circa 30 gradi (dal piano orizzontale). Sono inclusi rari clasti. Sono presenti trovanti calcarenitici fra 26.30/26.40 e altri, sempre delle stesse dimensioni fra i 26 e i 30 m. Sono intercalati livelli sabbiosi fra 26.40/16.90 e altri, di spessore massimo pari a circa 10-20 cm, fra i 26 e i 30 m.</p> <p><i><u>S1/C2 (19.40/19.80)</u></i> <i><u>S1/C3 (25.00/25.50)</u></i></p>		

() Al termine delle operazioni di carotaggio, il foro è stato condizionato, per tutta la sua lunghezza, con un tubo cieco da 3", per la successiva prova down-hole**

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 284-14 ediz. 20.02. 15 LL - Rev. 0 Pag. 12 di 15
--	---	---

3.2 - Prove penetrometriche (SPT)

Nelle descrizioni stratigrafiche dei sondaggi, riportate nell'allegato 2, nonché nella tabella n°1 riepilogativa delle prove realizzate, sono state segnalate anche le profondità ed i risultati delle 17 prove S.P.T., tuttavia per rendere più agevole la consultazione si riporta, di seguito, la tabella 3 riassuntiva.

A seguire, vengono riportati due grafici, che mettono in relazione i dati relativi alle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. eseguite, con la profondità dal p.c., con la quota in m s.l.m. e lo stato di addensamento.

In allegato 3 sono forniti i certificati relativi alle prove effettuate, redatti in conformità all'art. 59 del D.P.R. del 06/06/01 n° 380, a seguito della Concessione Ministeriale 53363/05.

Tabella 4: Riepilogo delle prove SPT

Sondaggio S1 (Quota 200.00 m s.l.m.)			
SPT 1 2.00 – 2.45 m (198.00 – 197.55) m s.l.m.	Riporto	N ₁ S.P.T.= 15 N ₂ S.P.T.= 10 N ₃ S.P.T.= 8	N S.P.T.=18
SPT 2 4.00 – 4.45 m (196.00 – 195.55) m s.l.m.	Riporto/Sabbia	N ₁ S.P.T.= 13 N ₂ S.P.T.= 10 N ₃ S.P.T.= 7	N S.P.T.=17
SPT 3 6.00 – 6.40 m (194.00 – 193.60) m s.l.m.	Sabbia	N ₁ S.P.T.= 14 N ₂ S.P.T.= 30 N ₃ S.P.T.= Rif.	N S.P.T.=Rif.
SPT 4 9.00 – 9.45 m (191.00 – 190.55) m s.l.m.	Sabbia	N ₁ S.P.T.= 10 N ₂ S.P.T.= 9 N ₃ S.P.T.= 11	N S.P.T.=20
SPT 5 11.30 – 11.75 m (188.70 – 188.25) m s.l.m.	Sabbia	N ₁ S.P.T.= 13 N ₂ S.P.T.= 25 N ₃ S.P.T.= 43	N S.P.T.=68
SPT 6 15.50 – 15.95 m (184.50 – 184.05) m s.l.m.	Argilla	N ₁ S.P.T.= 16 N ₂ S.P.T.= 27 N ₃ S.P.T.= 43	N S.P.T.=70

R.C. 284/14

Località: Ponte sul fiume Ufita S. Arcangelo Trimonte (BN) Loc. Iscalonga

Committente: Progetto di ricerca STRIT - PON01_02366

Prove Penetrometriche S.P.T.

Grafico N.S.P.T./Profondità dal p.c.

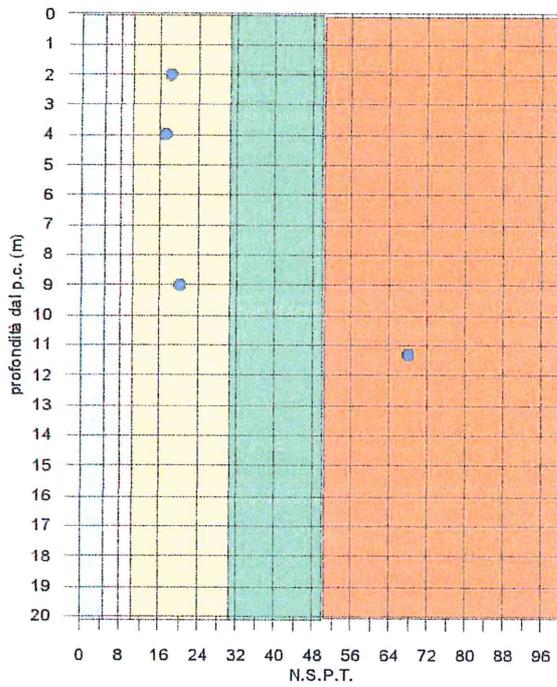
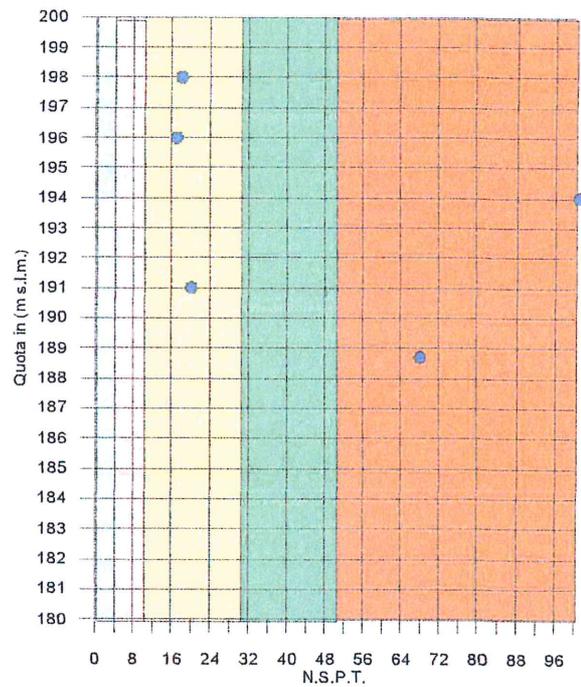


Grafico N.S.P.T./Quote assolute m s.l.m.



egenda sondaggi
● S'

Stato di addensamento
tab. 4.5 raccomandazioni A.G.I. 1977

- sciolto
- poco addensato
- moderatamente addensato
- addensato
- molto addensato

Località: Ponte sul fiume Ufita S. Arcangelo Trimonte (BN) Loc. Iscalonga

Committente: Progetto di ricerca STRIT - PON01_02366

Prove Penetrometriche S.P.T.

Grafico N.S.P.T./Profondità dal p.c.

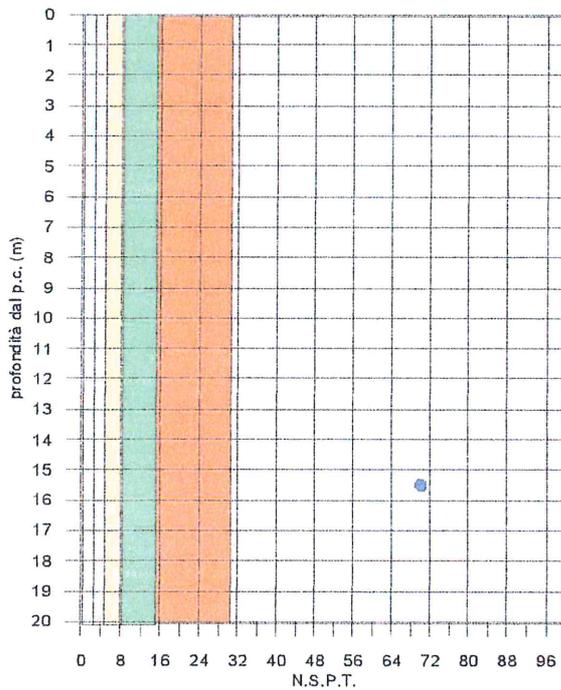
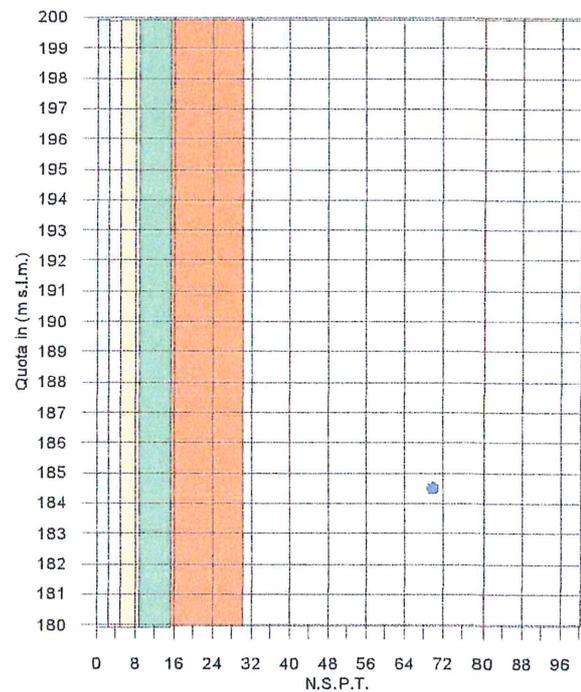


Grafico N.S.P.T./Quote assolute m s.l.m.



legenda sondaggi
S1

Stato di Consistenza
tab. 4.5 raccomandazioni A.G.I. 1977

	Privo di consistenza
	Poco consistente (molle)
	Moderatamente consistente
	Consistente
	Molto consistente
	Estremamente consistente (duro)

Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com. 28-4-14 ediz. 20.02. 15 LL - Rev. 0 Pag. 15 di 15
--	--

3.3 - Prove di laboratorio

Durante l'esecuzione del sondaggio sono stati prelevati a diverse quote, 3 campioni indisturbati, da sottoporre a prove di laboratorio.

Le caratteristiche litologiche dei campioni hanno permesso di procedere alla determinazione delle caratteristiche fisiche generali, della granulometria per vagliatura e sedimentazione, ai limiti di Atterberg. Sono state realizzate Tre prove triassiali U.U., due prove triassiali C.I.U. e due prove edometriche, per la determinazione del modulo edometrico.

Le elaborazioni delle prove realizzate sono riportate nell'allegato esterno A. Tuttavia, per una visione più immediata, i risultati sono riassunti nella tabella 5, riportata di seguito.

Tabella 5: Riepilogativa delle risultanze delle prove di laboratorio

Sigla campione	S1/C1	S1/C2	S1/C3
Profondità prelievo (m)	17.90/18.30	19.40/19.80	25.00/25.50
Peso volume naturale γ_n (KN/m ³)	19.86	21.47	21.45
Peso volume del secco γ_d (KN/m ³)	16.44	18.60	18.77
Contenuto d'acqua W (%)	20.81	15.44	14.27
Peso volume dei Granuli G (-)	2.69	2.74	2.66
Porosità n (%)	38.96	32.23	29.49
Indice dei vuoti e (-)	0.64	0.48	0.42
Grado di saturazione S_r (%)	87.8	89.05	90.76
Classe granulometrica	Limo sabbioso argilloso	Limo con argilla sabbioso	Limo argilloso sabbioso
Limiti di Atterberg			
Limite di Liquidità (WL) (%)	32.3	57.5	45.8
Limite di Plasticità (WP) (%)	19.17	29.13	25.55
Indice di Plasticità (IP) (%)	13.13	28.37	20.25
Indice di Consistenza (IC) (%)	0.87	1.48	1.56
Prova Triassiale U.U.			
Coesione non drenata UU (Kpa)	283.56	641.849	670.014
Prova Triassiale C.I.U.			
Angolo di attrito interno efficace (°)	30.59	29.21	
Coesione efficace (c) (Kpa)	41.34	60.98	
Prova Edometrica			
Coefficiente di compressibilità (mv) (Mpa ⁻¹)	3.86E-02	4.24E-02	
Modulo edom. (Eed) (Mpa)	25.9	23.6	

Napoli, 20 Maggio 2015

ALLEGATO 1

UBICAZIONE INDAGINI



	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com.284.14 ediz. 09.02.2015 AS - Rev. 0 Pag. II di XI
--	---	---

ALLEGATO 2

CERTIFICATI STRATIGRAFICI

SONDAGGIO: S1

Committente: Progetto Strit

Cantiere: Ponte sul fiume Calore-Spalla SX

Località: Iscalonga-S. Arcangelo Trimonte (BN)

Coordinata X (m): _____

Coordinata Y (m): _____

Quota assoluta (m slm): 200

Periodo: 11-13 febbraio 2015

Sezione max. (mm): 127

Sezione min. (mm): 101

Profondità max. (m): 36.00

Scala: 1:200

Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
tel. 081-5634520 fax. 5633970

Il Tecnico Sperimentatore:
dr. geol. L. Lamberti

Il Direttore:
dr. geol. L. Amato

Certificato stratigrafico
Conc. Min. N° 53363

Certificato N° 019/15
Data Protocollo 03/03/15
Accettazione N° 003/15
Sigla Prova PF019/15
Pag. 1 di 1

Legenda



Quota Assoluta (m slm)	Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	Tubo cieco Ø 3"	Doppio C. T2 101mm	Caroliere S. 101mm	Rivestimento 127mm	Campione indisturbato e/o rimaneggiato	SPT	Libera	Livello della Falda	
195.90	4.10	4.10		Riporto: Terreno di riporto, costituito da clasti eterometrici poligenici, in matrice sabbiosa limosa beige, a tratti scarsa. Fra 2.10/3.50 m, sono intercalati orizzonti sabbiosi, privi di inclusi.					2.00 1.5-10.8 2.45	4.00 13-10-7 4.45			
186.60	9.30	13.40		Sabbia: Sabbia medio fine debolmente limosa di colore ocre, giallastra, con intercalati orizzonti di circa 1-2 cm di spessore, più coesivi e di colore grigio-azzurrognolo. Fra 5.30/5.50 e 11.80/11.90 sono presenti due trovanti calcarenitici. Sono visibili numerose tracce di ossidazioni, sparse nello strato. Nell'orizzonte compreso fra 10.30/11.80, la colorazione della sabbia è grigio azzurrognola.					6.00 4-30-117 6.40	9.00 10-9-11 9.45		7.00	
181.70	4.90	18.30		Argilla: Argilla debolmente marnosa, debolmente sabbiosa, di colore grigio-azzurrognola. Si presenta compatta e con inclusi clasti alterati, in disfacimento, di dimensioni al massimo centimetriche.					11.30 13-25-43 11.75	15.50 15-27-43 15.95		1.60 4.50 >6.00	
164.00	17.70	36.00		Marna: Marna debolmente argillosa, siltosa, di colore grigio-azzurrognola. Nei pochi punti in cui si presenta discontinua, le fratture si presentano con un angolo di circa 30 gradi (dal piano orizzontale). Sono inclusi rari clasti. Sono presenti trovanti calcarenitici fra 26.30/26.40 e altri, sempre delle stesse dimensioni fra i 26 e i 30 m. Sono intercalati livelli sabbiosi fra 26.40/16.90 e altri, di spessore massimo pari a circa 10-20 cm, fra i 26 e i 30 m.					17.90 S1/C1 18.30 19.40 S1/C2 19.80	25.00 S1/C3 25.50			
					36.00	36.00	35.00						

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Calore ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com.284_14 ediz. 09.02.2015 AS - Rev. 0 Pag. III di XI
--	--	--

ALLEGATO 3

CERTIFICATI PROVE SPT

PROVE IN SITO CONC. MIN. N°53363 DEL 06.05.05			
CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST (A.G.I. 1977)			
N° certificato	020/15	Pagina	1 di 2
Data certificato	03/03/2015	Reg.Com.	284/14
N° accettazione	003/15	Sigla PINS	SPT020/15
Committente: Progetto Strit			
Cantiere: Iscalonga-S.Arcangelo Trimonte (BN)			
Sigla sondaggio: S1		SPT n°: 1	
Inizio prova (m): 2.00			
Fine Prova (m): 2.45			
Data Prova: 11/02/2015			
Lunghezza Campione: 45		cm	
Punta chiusa			
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
2.00	2.15	15	
2.15	2.30	10	
2.30	2.45	8	
		NSPT	18
Note: Pubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dott. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
Il trav. str. in S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970 014 PINS RP SPT			
Rev. 002			

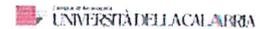
PROVE IN SITO CONC. MIN. N°53363 DEL 06.05.05			
CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST (A.G.I. 1977)			
N° certificato	021/15	Pagina	1 di 2
Data certificato	03/03/2015	Reg.Com.	284/14
N° accettazione	003/15	Sigla PINS	SPT021/15
Committente: Progetto Strit			
Cantiere: Iscalonga-S.Arcangelo Trimonte (BN)			
Sigla sondaggio: S1		SPT n°: 2	
Inizio prova (m): 4.00			
Fine Prova (m): 4.45			
Data Prova: 11/02/2015			
Lunghezza Campione: 45		cm	
Punta chiusa			
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
4.00	4.15	13	
4.15	4.30	10	
4.30	4.45	7	
		NSPT	17
Note: Pubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dott. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
Il trav. str. in S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970 014 PINS RP SPT			
Rev. 002			

PROVE IN SITO CONC. MIN. N°53363 DEL 06.05.05			
CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST (A.G.I. 1977)			
N° certificato	022/15	Pagina	1 di 2
Data certificato	03/03/2015	Reg.Com.	284/14
N° accettazione	003/15	Sigla PINS	SPT022/15
Committente: Progetto Strit			
Cantiere: Iscalonga-S.Arcangelo Trimonte (BN)			
Sigla sondaggio: S1		SPT n°: 3	
Inizio prova (m): 6.00			
Fine Prova (m): 6.40			
Data Prova: 11/02/2015			
Lunghezza Campione: 40		cm	
Punta chiusa			
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
6.00	6.15	14	
6.15	6.30	30	
6.30	6.40	Rif.	
		NSPT	Rif.
Note: Pubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dott. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
Il trav. str. in S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970 014 PINS RP SPT			
Rev. 002			

PROVE IN SITO CONC. MIN. N°53363 DEL 06.05.05			
CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST (A.G.I. 1977)			
N° certificato	023/15	Pagina	1 di 2
Data certificato	03/03/2015	Reg.Com.	284/14
N° accettazione	003/15	Sigla PINS	SPT023/15
Committente: Progetto Strit			
Cantiere: Iscalonga-S.Arcangelo Trimonte (BN)			
Sigla sondaggio: S1		SPT n°: 4	
Inizio prova (m): 9.00			
Fine Prova (m): 9.45			
Data Prova: 11/02/2015			
Lunghezza Campione: 45		cm	
Punta aperta			
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
9.00	9.15	10	
9.15	9.30	9	
9.30	9.45	11	
		NSPT	20
Note: Pubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dott. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
Il trav. str. in S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli. Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970 014 PINS RP SPT			
Rev. 002			

PROVE IN SITO CONC. MIN. N°53363 DEL 06.05.05			
CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST (A.G.I. 1977)			
N° certificato	024/15	Pagina	1 di 2
Data certificato	03/03/2015	Reg. Com.	284/14
N° accettazione	003/15	Sigla PINS	SPT024/15
Committente: Progetto Strit			
Cantiere: Iscalonga-S. Arcangelo Trimonte (BN)			
Sigla sondaggio:	S1	SPT n°:	5
Inizio prova (m):	11.30		
Fine Prova (m):	11.75		
Data Prova:	12/02/2015		
Lunghezza Campione:	45	cm	
Punta	aperta		
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
11.30	11.45	13	
11.45	11.60	25	
11.60	11.75	43	
		NSPT	68
Note: l'ubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dott. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
Il trav. str. la S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970 014.PINS.RP.SPT			
Rev. 002			

PROVE IN SITO CONC. MIN. N°53363 DEL 06.05.05			
CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST (A.G.I. 1977)			
N° certificato	025/15	Pagina	1 di 2
Data certificato	03/03/2015	Reg. Com.	284/14
N° accettazione	003/15	Sigla PINS	SPT025/15
Committente: Progetto Strit			
Cantiere: Iscalonga-S. Arcangelo Trimonte (BN)			
Sigla sondaggio:	S1	SPT n°:	6
Inizio prova (m):	15.50		
Fine Prova (m):	15.95		
Data Prova:	12/02/2015		
Lunghezza Campione:	45	cm	
Punta	aperta		
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
15.50	15.65	16	
15.65	15.80	27	
15.80	15.95	43	
		NSPT	70
Note: l'ubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dott. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
Il trav. str. la S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970 014.PINS.RP.SPT			
Rev. 002			



Strit

PROGETTO STRIT – Strumenti e Tecnologie per la gestione del Rischio delle Infrastrutture di Trasporto.

Ponte sul fiume UFITA

Indagini diagnostiche strutturali

Prospezione geofisica down-hole



PROGETTO DI RICERCA STRIT – PON01_02366

COMMITTENTE:

Strumenti e tecnologie per la gestione del rischio delle infrastrutture di trasporto.

OGGETTO:

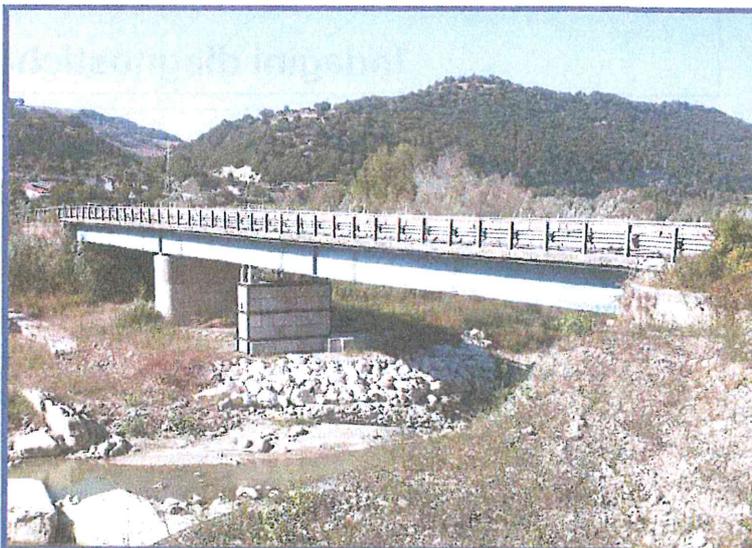
Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163

LOCALITA':

TIPO DI INDAGINE: Prospezione geofisica down-hole

ELABORATO: Relazione tecnica

Reg.Com.	284.14	
Nome File:	284.14 Relazione indagine down-hole.doc	
Impresa Esecutrice delle indagini		
Data	Rev.	Revisione
27 Aprile 2015	01	Emissione



C

**AZIENDA CON SISTEMA
QUALITA'
CERTIFICATO DAL RINA
ISO 9001 – ISO 14001**

	<p style="text-align: center;">Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163</p>	<p style="text-align: right;">Reg. Com.284-14 ediz. 27.04.2015 GA - Rev. 01 Pag. 2 di 16</p>
--	--	--

INDICE

1 - Premessa		3
2 - Prospezione down-hole		4
2.1.	Descrizione del metodo d'indagine	4
2.2.	Descrizione della strumentazione utilizzata	6
2.3.	Descrizione dell'indagine	7
2.4.	Elaborazione dei dati	10
2.5.	Risultanze della prospezione down-hole	12

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com.284.14 ediz. 27.04.2015 GA - Rev. 01 Pag. 3 di 16
--	---	---

1 - Premessa

Nell'ambito del *Progetto di Ricerca STRIT - PON01_02366 Strumenti e tecnologie per la gestione del rischio delle infrastrutture di trasporto, delle Infrastrutture e dei Trasporti*, è stata effettuata una campagna di indagini e prove in situ presso il fiume **Ponte sul fiume Ufita** ubicato lungo la S.P.163 nel comune di S. Arcangelo Trimonte (BN) in località Iscalonga.

Nell'ambito delle attività previste è stato eseguito un sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino a 36 metri di profondità, successivamente condizionato con un tubo cieco da 3", solidarizzato al perforo, al fine di eseguire una prova geofisica down-hole.

Per la prospezione in oggetto è stato utilizzato un sensore da foro a cinque componenti connesso ad un sismografo MAE A6000S.

La generazione dei segnali sismici è stata effettuata mediante l'impatto di un martello sia contro un piattello metallico, per la generazione delle onde P, sia contro un asse di legno, contrastato dal peso dell'assale di un autoveicolo per la generazione delle onde S.

Le operazioni in cantiere sono state eseguite tra il 9 marzo 2015.

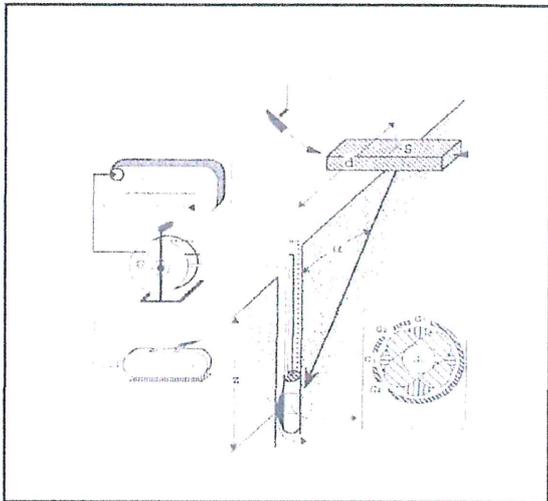
	<p>Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163</p>	<p>Reg. Com.284-14 ediz. 27.04.2015 GA - Rev. 01 Pag. 4 di 16</p>
--	--	---

2 - Prospezione down-hole

2.1. Descrizione del metodo d'indagine

Il metodo sismico in foro “*down-hole*” consente di determinare il tempo di propagazione delle onde elastiche di compressione e di taglio, P ed S , generate in superficie mediante l’uso di una massa battente, all’interno delle varie unità litologiche che si incontrano lungo una perforazione.

In fase esecutiva, per il rilievo delle onde elastiche, si utilizza un sistema di ricezione costituito da geofoni opportunamente assemblati (geofono da pozzo), che viene fissato a profondità man mano crescenti contro le pareti di un perforo, opportunamente condizionato, mediante un sistema pneumatico (vedi *Figura 1* a lato).



La rilevazione delle onde P e delle onde S , nota la profondità dell’apparato di misurazione, permette di determinare le relative velocità di propagazione e di calcolare

i moduli elastici dinamici dei litotipi, assunti i valori dei pesi di volume che li caratterizzano.

A differenza della sismica a rifrazione, che misura i tempi di arrivo delle onde sismiche dopo che queste hanno subito fenomeni di rifrazione e/o di riflessione, il metodo “*down-hole*”, misurando il tempo di arrivo delle onde elastiche man mano che queste penetrano negli strati più profondi, ha il vantaggio di non avere come condizione necessaria l’aumento della velocità con la profondità; pertanto è sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nel pacco di litotipi attraversati dall’indagine.

Se la sorgente energizzante è molto prossima all'asse del perforo e le superfici di discontinuità sono perpendicolari a tale asse, il raggio sismico che dalla sorgente si muove verso i geofoni, non subirà alcuna deviazione nell'attraversare le suddette discontinuità.

Se, invece, sia per motivi logistici sia per evitare che l'onda elastica si trasmetta lungo il materiale di condizionamento, la sorgente energizzante viene a trovarsi ad una certa distanza dall'asse del perforo, i tempi di arrivo delle onde devono essere corretti in modo da riportarli ai valori che si sarebbero riscontrati qualora il raggio avesse viaggiato secondo un tragitto verticale.

In fase di elaborazione, per una prima valutazione del grado di disomogeneità delle litologie lungo il profilo verticale, si usa determinare la "velocità intervallo", ovvero la velocità con cui viaggerebbe il fronte d'onda lungo l'asse verticale tra due posizioni consecutive del ricevitore, intervallate da un determinato spessore, rappresentate mediante un diagramma del tipo *step plot*.

Successivamente, si determina il profilo di velocità reale lungo la verticale per il pozzo, sia per le onde *P* che per le onde *S*, nell'ipotesi che il sottosuolo sia localmente stratificato.

In tal modo, sono costruiti diagrammi "tempi di arrivo corretti - profondità" per procedere all'individuazione di *dromocrone*, laddove ciascuno dei segmenti individua un intervallo di profondità entro cui la velocità dell'onda sismica è costante.

Infine, dalla conoscenza dei valori di velocità di propagazione delle onde *P* ed *S*, in ogni strato, e noti i valori del peso di volume naturale, è possibile determinare i valori dei moduli elastici dinamici tra cui i principali sono il *modulo di Poisson* (ν), *modulo di Taglio* *G* ed il *modulo di Elasticità* o *modulo di Young* (*E*)¹.

<i>modulo di Poisson</i>	$\nu = \frac{0.5 * (V_p/V_s)^2 - 1}{(V_p/V_s)^2 - 1}$
<i>modulo di Taglio</i>	$G = \gamma \cdot V_s^2 \quad (2)$
<i>modulo di Elasticità</i>	$E = V_s^2 \cdot \gamma \cdot \frac{(3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)}$

¹ Al fine di riferire le grandezze di cui alle relazioni (2) e (3) nel Sistema Internazionale, la massa viene espressa con la formula *densità/g* dove *g* è la forza di gravità pari 9,80665.

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com.284.14 ediz. 27.04.2015 GA - Rev. 01 Pag. 6 di 16
--	---	---

Il perforo è stato condizionato mediante la posa di una tubazione in PVC, installata sino ad una profondità di 36 metri dal piano campagna, ed adeguatamente solidarizzata.

La posa in opera della tubazione di prova (in materiale ABS di spessore pari a 3 mm) è avvenuta mediante preassemblaggio di spezzoni aventi lunghezza pari a 3 m, giuntando gli elementi tra loro mediante, rivetti e nastro adesivo. L'estremità inferiore del tubo è stato fissato, a fondo foro, con iniezione di malta cementizia.

Per la cementazione del perforo è stata utilizzata una miscela costituita da acqua/cemento/bentonite ottenuta mescolando una proporzione pari 450 g di cemento Portland, 450 g di bentonite a 2.8 kg di acqua. La pressione di iniezione è stata inferiore a 2 atm.

2.2. Descrizione della strumentazione utilizzata

Le prospezioni in oggetto sono state compiute acquisendo i segnali relativi ad onde elastiche, mediante un sistema di rilevamento composto da 5 geofoni, di cui 1 verticale (per la rilevazione delle onde P) e 4 orizzontali (per la rilevazione delle onde S).

Questi ultimi risultano disposti, all'interno del dispositivo, secondo un array tipicamente a "raggiera" ovvero in maniera da formare un angolo di 45° l'uno con l'altro. Tale disposizione, consente l'acquisizione e, successivamente, la corretta determinazione delle onde S , a prescindere dall'orientamento nel foro del sistema di rilevamento rispetto al punto di battuta.

I segnali sismici, in onde P , sono stati generati mediante l'impatto della testa di un martello contro una spessa lamina posta orizzontalmente mentre, per la generazione delle onde S , l'impatto è avvenuto contro due assi, posizionate diametralmente opposte al perforo, contrastate dall'assale di un autoveicolo (furgone).

I segnali in oggetto, sono stati acquisiti mediante un sismografo MAE A 6000S a 24 bits di cui sono riportate le caratteristiche salienti.



	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufita ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com.284. 14 ediz. 27.04.2015 GA - Rev. 01 Pag. 7 di 16
--	---	--

- CPU chipset VIA 500 Mhz;
- Risoluzione scheda di acquisizione: 24 bit;
- Numero canali: 24;
- Campionamento sino a 30.000 c/s;
- Larghezza di banda: da 0 a 8 Khz - Max segnale IN: 10V;
- Visualizzazione fenomeno intero o parziale per ogni canale;
- Funzione di analisi del rumore ambientale pre-acquisizione;
- Funzione test geofoni automatico;
- Funzioni grafiche limita ed evidenzia onda;
- Funzioni lettura velocità e picking primi arrivi in tempo reale;
- Funzioni Trigger e Pre-Trigger;
- Filtri settabili e parzializzabili da software;
- Monitor colori LCD transflettivo 10.4".



2.3. Descrizione dell'indagine

Come accennato in precedenza, la prospezione *down-hole*, denominata **DH1**, è stata eseguita sino a 36 metri di profondità nel sito indicato nell'immagine seguente (*Figura 2*).

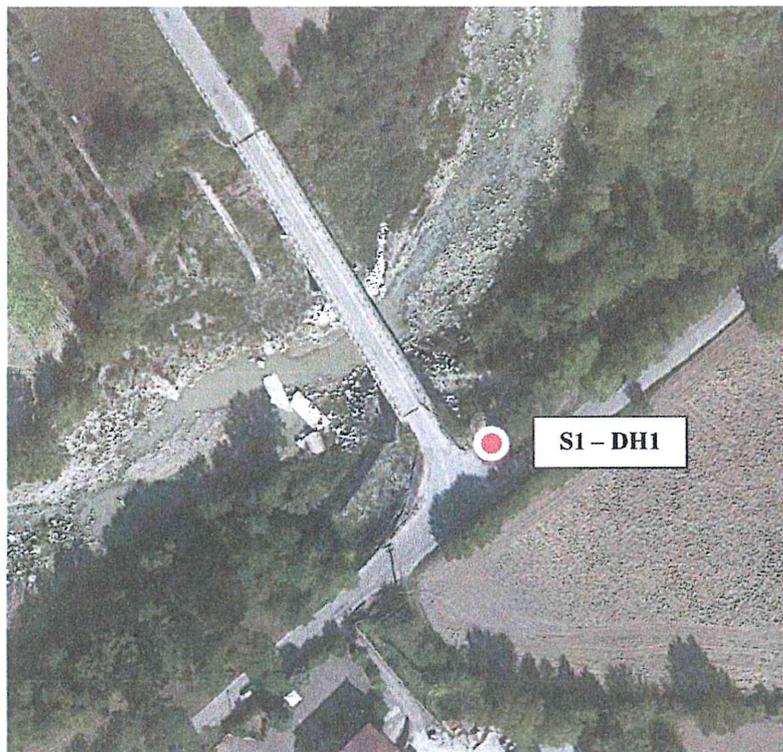
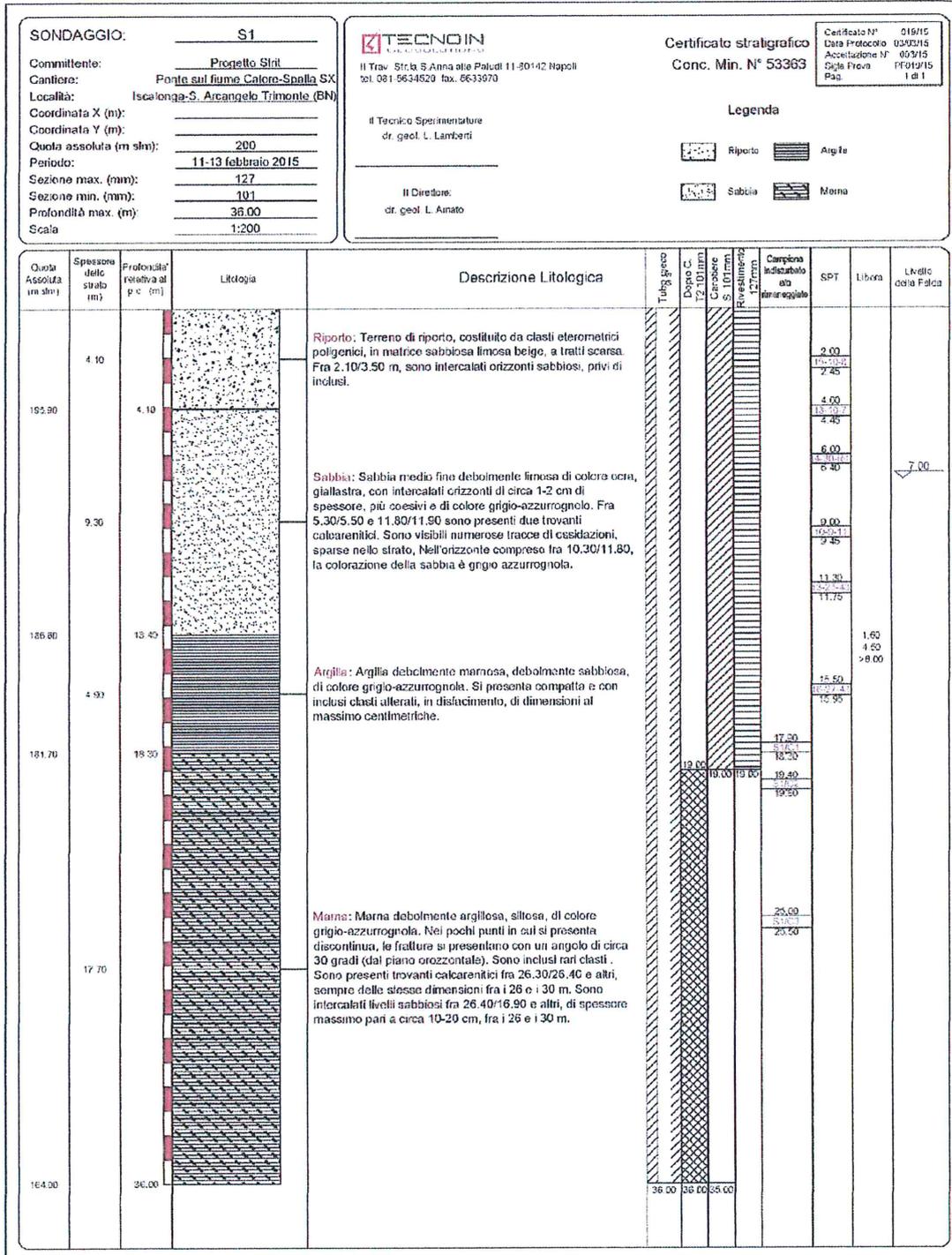


Figura 2 - Ponte sul fiume Ufita. Ubicazione della prospezione down-hole.



Note: All. 2

Reg. Commessa: 284/14

Figura 3 - Ponte sul fiume Ufita. Stratigrafia del sondaggio S1.

I siti di energizzazione sono stati posizionati a 1,55 metri dal perforo, come riportato nell'immagine seguente.

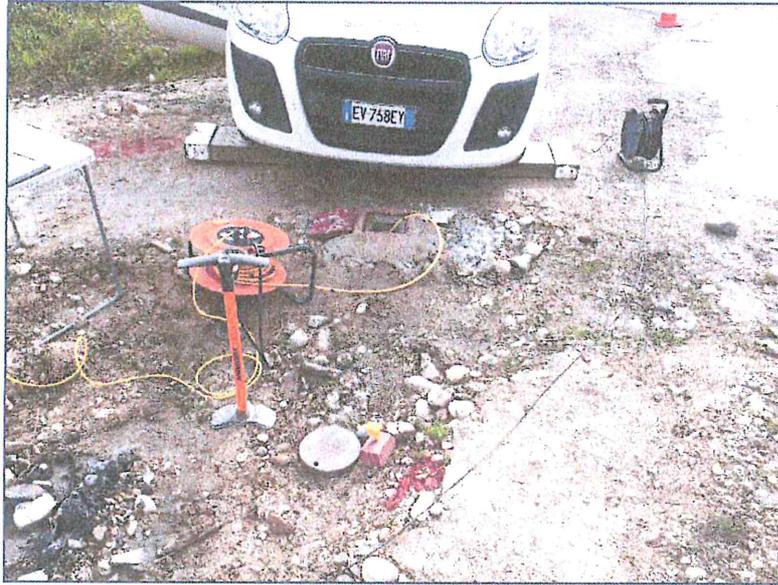


Foto 1 – Ponte sul fiume Ufita. Prospezione down-hole.

I segnali sismici sono stati acquisiti posizionando il geofono da pozzo a passi di un metro e vincolando lo stesso alle pareti del perforo mediante espansione di una camera d'aria.

	Indagini diagnostiche strutturali eseguite presso il ponte sul fiume Ufta ubicato lungo la S.P.163	Reg. Com.284-14 ediz. 27.04.2015 GA - Rev. 01 Pag. 10 di 16
--	--	--

2.4. Elaborazione dei dati

Al termine della prova si è proceduto all'elaborazione dei dati avvalendosi dei seguenti software specialistici:

- **IXSeg2Segy** per la visualizzazione dei segnali acquisiti;
- suite **Sesarray** composto dal software **Geopsy** (Geophysical Signal Database For Noise Array Processing) per il processing dei dati;
- **GEOSTRU – downhole** per la lettura dei tempi di arrivo ed il calcolo delle velocità intervallo.

L'interpretazione delle prospezioni *down-hole* è avvenuta seguendo l'iter descritto:

- ◇ analisi dei segnali nel dominio delle frequenze e filtraggio del segnale stesso (se necessario);
- ◇ lettura dei tempi di arrivo delle onde *P* ed *S* per le singole registrazioni.

Per quanto concerne le registrazioni ottenute da energizzazione applicata in verticale, è stato determinato il primo arrivo in onde *P* come mostrato nella figura seguente (*Figura 4*), in cui, si osserva distintamente il primo arrivo dell'onda di compressione.

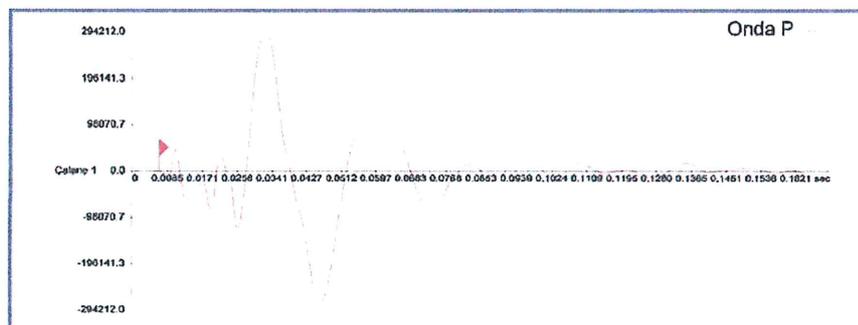


Figura 4 – Esempio di onda *P* e di lettura del primo tempo di arrivo.

Nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, per ciascuna profondità d'indagine, sono state sovrapposte le registrazioni “*battuta destra (SH-A)-battuta sinistra (SH-B)*”.

Tale metodica ha consentito, tramite l'inversione di fase dell'onda *SH*, di identificare con maggiore facilità l'onda di taglio e di determinare, con maggior esattezza, il tempo di arrivo (*Figura 5*).

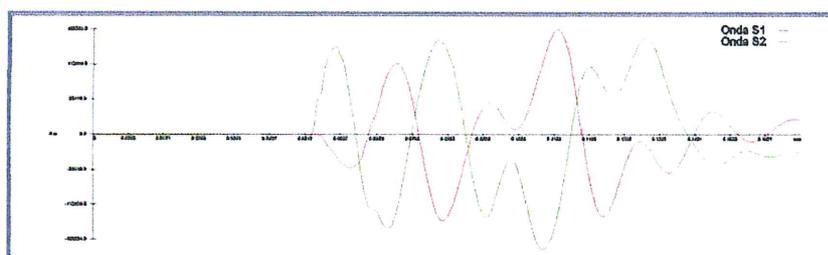


Figura 5 – Esempio di onda S e dell'inversione di fase necessaria per l'individuazione del tempo di arrivo dell'onda di taglio (onda S).

Inoltre le suddette battute sono state tra loro sottratte in modo da esaltare l'onda di taglio. Con tale metodica le onde di compressione, provocate durante l'energizzazione, con la differenza “*battuta destra-battuta sinistra*”, si riducono in ampiezza laddove le onde *SH* (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno, invece, a sommarsi aumentando così d'ampiezza.

In definitiva, le metodologie descritte, hanno consentito di individuare più agevolmente il tempo di arrivo delle onde *S*.

2.5. Risultanze della prospezione down-hole

Come riportato in precedenza, l'analisi dei singoli sismogrammi ha consentito di determinare i tempi di arrivo delle onde *P* (Figura 6) ed *S* (Figura 7).

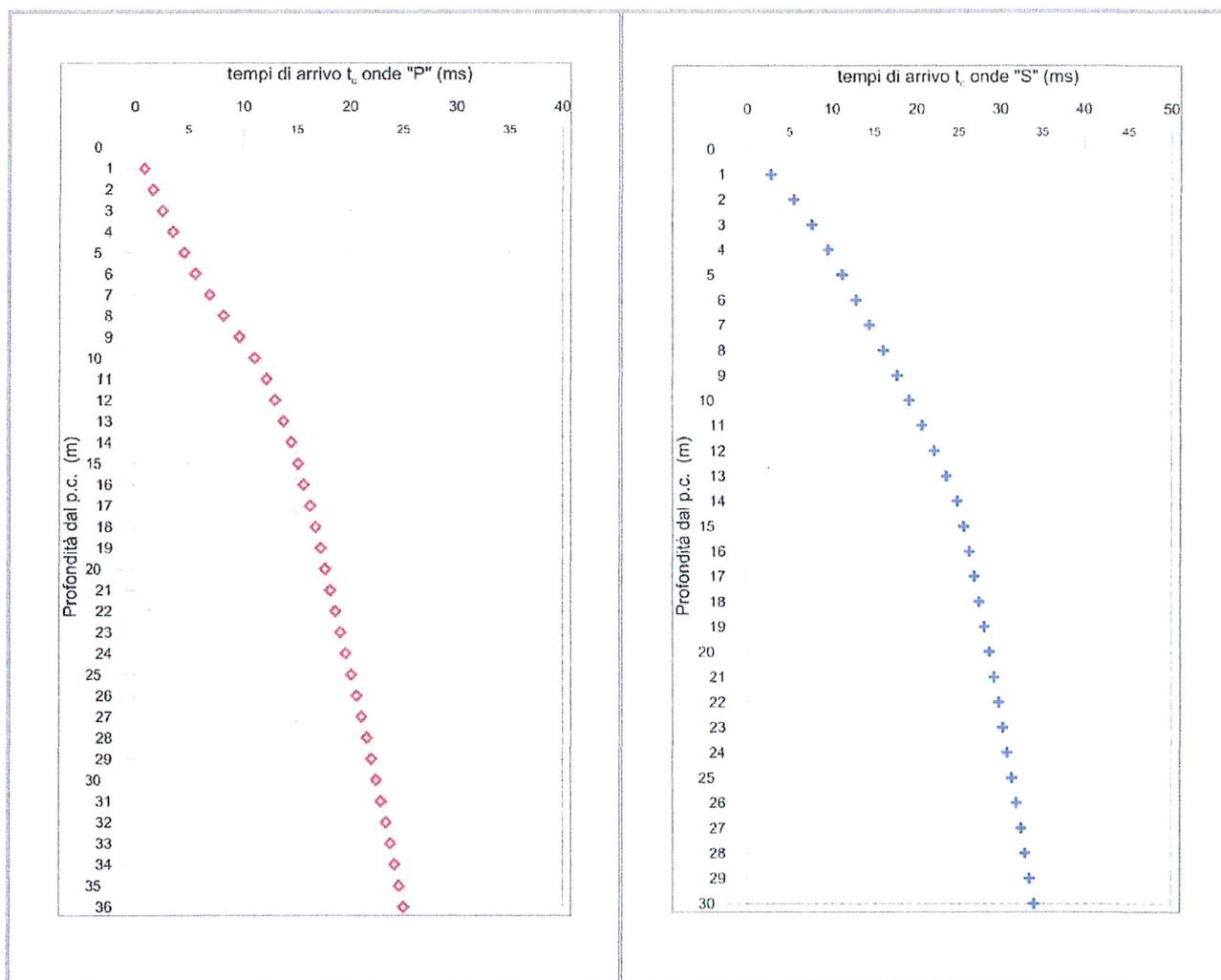


Figura 6 – A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c.

Figura 7 – A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Al termine del processo di elaborazione, noti i tempi di arrivo delle onde elastiche ed il posizionamento del geofono da pozzo, sono state calcolate le velocità di propagazione delle onde *P* ed *S*, per ogni metro di profondità, come riportato nelle immagini seguenti (*Figura 8* e *Figura 9*).

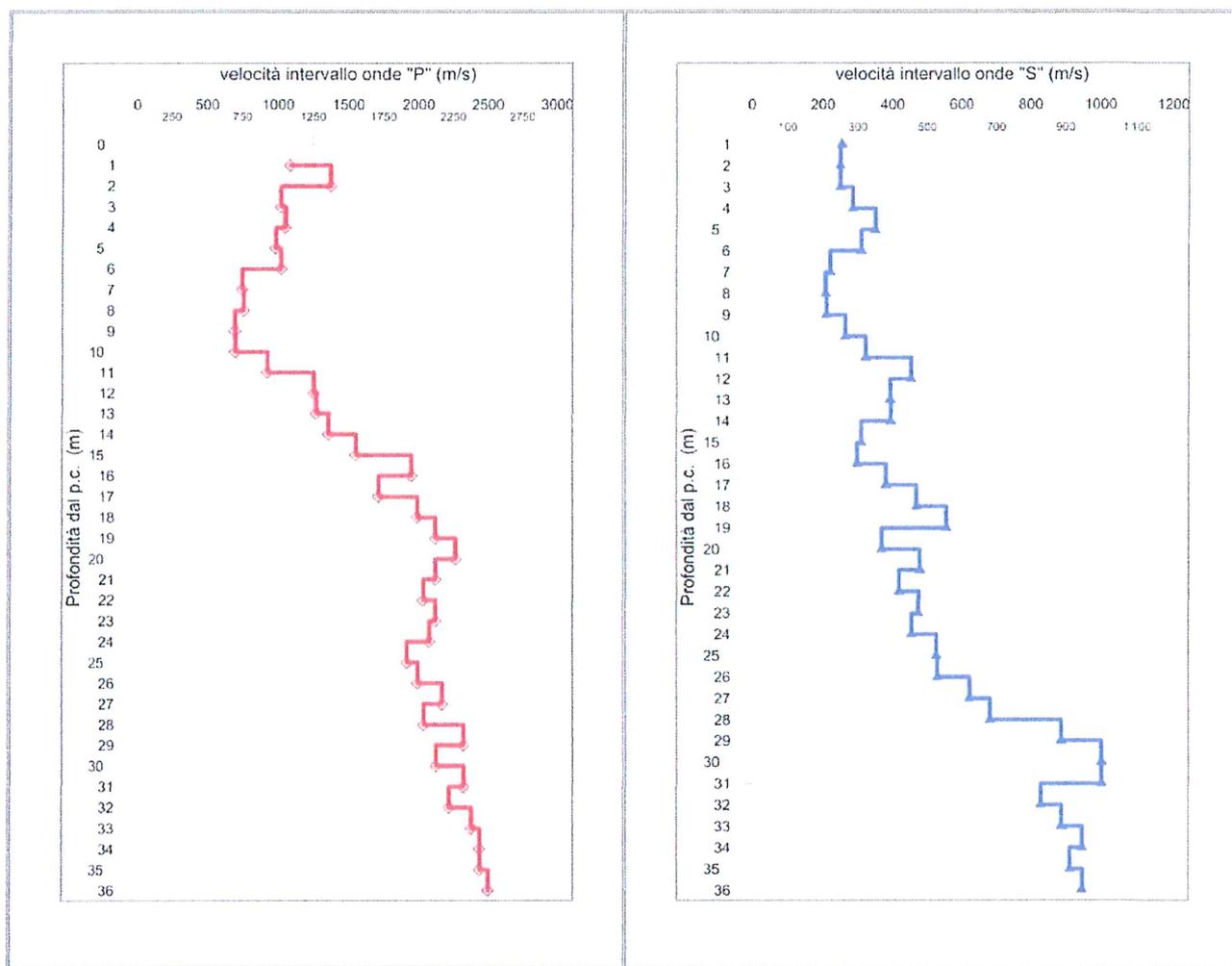


Figura 8 – A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c.

Figura 9 – A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Infine, inserendo i valori di velocità di propagazione delle onde elastiche nelle formule (1) (2), (3) e (4), sono stati determinati i valori dei moduli elastici ovvero del coefficiente di Poisson (ν) e dei parametri elastici G ed E , come riportato nella *Tabella 1* e nella *Figura 10*, *Figura 11*, *Figura 12*.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati t_o "P" (ms)	tempi osservati t_o "S" (ms)	tempi corretti t_c "P" (ms)	tempi corretti t_c "S" (ms)	velocità intervallo V_p (m/s)	velocità intervallo V_s (m/s)	V_p/V_s	Poisson (ν)	γ_n gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa
1	1,70	7,25	0,92	3,93	1085	254	4,3	0,47	1,40	91	267
2	2,20	10,00	1,74	7,90	1371	249	5,5	0,48	1,40	87	258
3	3,03	13,40	2,69	11,90	1020	249	4,1	0,47	1,40	87	255
4	3,90	16,60	3,64	15,48	1049	285	3,7	0,46	1,40	114	333
5	4,86	19,30	4,64	18,43	984	350	2,8	0,43	1,50	184	525
6	5,80	22,40	5,62	21,69	1024	310	3,3	0,45	1,50	145	419
7	7,10	26,79	6,93	26,16	748	222	3,4	0,45	1,50	74	214
8	8,39	31,49	8,24	30,92	759	208	3,6	0,46	1,50	65	190
9	9,80	36,16	9,66	35,64	698	211	3,3	0,45	1,50	67	193
10	11,21	39,89	11,08	39,42	700	265	2,6	0,42	1,50	105	298
11	12,28	42,96	12,16	42,54	925	322	2,9	0,43	1,50	156	446
12	13,07	45,15	12,96	44,78	1254	453	2,8	0,43	1,50	307	876
13	13,85	47,68	13,75	47,34	1272	392	3,2	0,45	1,99	306	886
14	14,58	50,20	14,49	49,90	1361	394	3,5	0,45	1,99	309	900
15	15,22	53,41	15,14	53,13	1554	310	5,0	0,48	1,99	191	565
16	15,73	56,75	15,66	56,49	1951	298	6,5	0,49	1,99	177	526
17	16,31	59,37	16,24	59,12	1717	380	4,5	0,47	1,99	287	847
18	16,81	61,50	16,75	61,27	1992	468	4,3	0,47	1,99	435	1280
19	17,28	63,30	17,22	63,09	2120	554	3,8	0,46	2,15	659	1929
20	17,72	66,01	17,67	65,81	2266	368	6,2	0,49	2,15	291	865
21	18,19	68,10	18,14	67,92	2122	477	4,4	0,47	2,15	489	1442
22	18,68	70,49	18,63	70,32	2036	417	4,9	0,48	2,15	374	1107
23	19,15	72,60	19,11	72,44	2123	473	4,5	0,47	2,15	481	1417
24	19,63	74,80	19,59	74,64	2079	454	4,6	0,48	2,15	442	1305
25	20,15	76,70	20,11	76,55	1919	525	3,7	0,46	2,15	593	1732
26	20,65	78,59	20,61	78,45	1996	528	3,8	0,46	2,15	600	1754
27	21,11	80,20	21,08	80,07	2170	620	3,5	0,46	2,15	827	2406
28	21,60	81,67	21,57	81,55	2038	679	3,0	0,44	2,15	992	2851
29	22,03	82,80	22,00	82,68	2322	884	2,6	0,42	2,15	1679	4752
30	22,50	83,80	22,47	83,69	2125	999	2,1	0,36	2,15	2144	5824
31	22,93	84,80	22,90	84,69	2323	999	2,3	0,39	2,15	2144	5947
32	23,38	86,01	23,35	85,91	2220	825	2,7	0,42	2,15	1465	4160
33	23,80	87,14	23,77	87,04	2378	884	2,7	0,42	2,15	1680	4771
34	24,21	88,20	24,18	88,11	2436	942	2,6	0,41	2,15	1909	5392
35	24,62	89,30	24,60	89,21	2437	908	2,7	0,42	2,15	1773	5034
36	25,02	90,36	25,00	90,28	2498	942	2,6	0,42	2,15	1910	5412

*Tabella 1 – Ponte sul fiume Ufita. Prospezione down-hole
Tabella di riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S, dei valori delle velocità intervallo
delle onde P ed S e dei moduli dinamici*

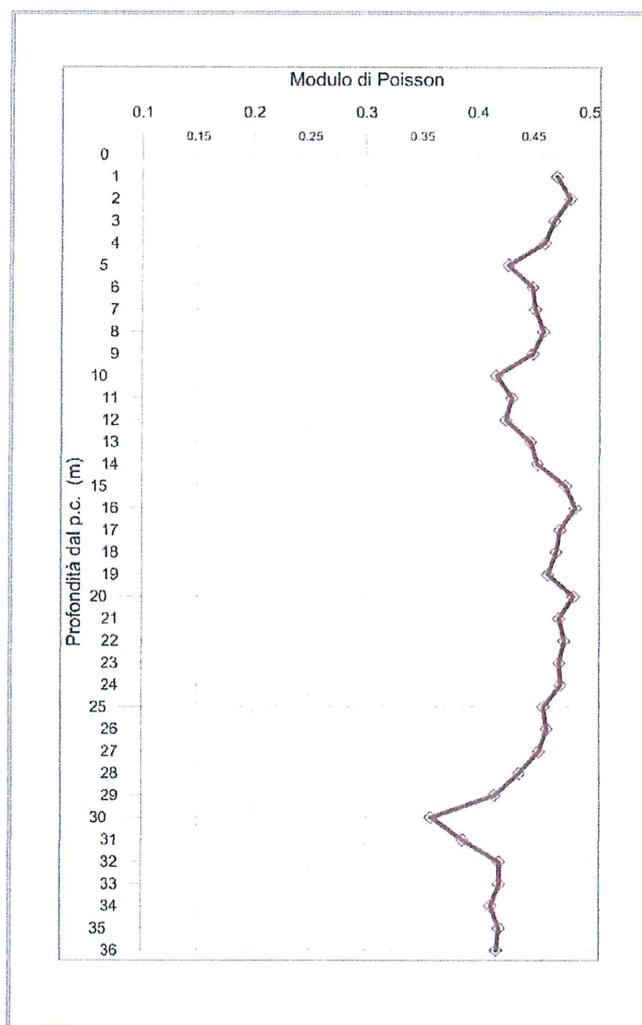


Figura 10 – Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson
in funzione della profondità dal p.c.

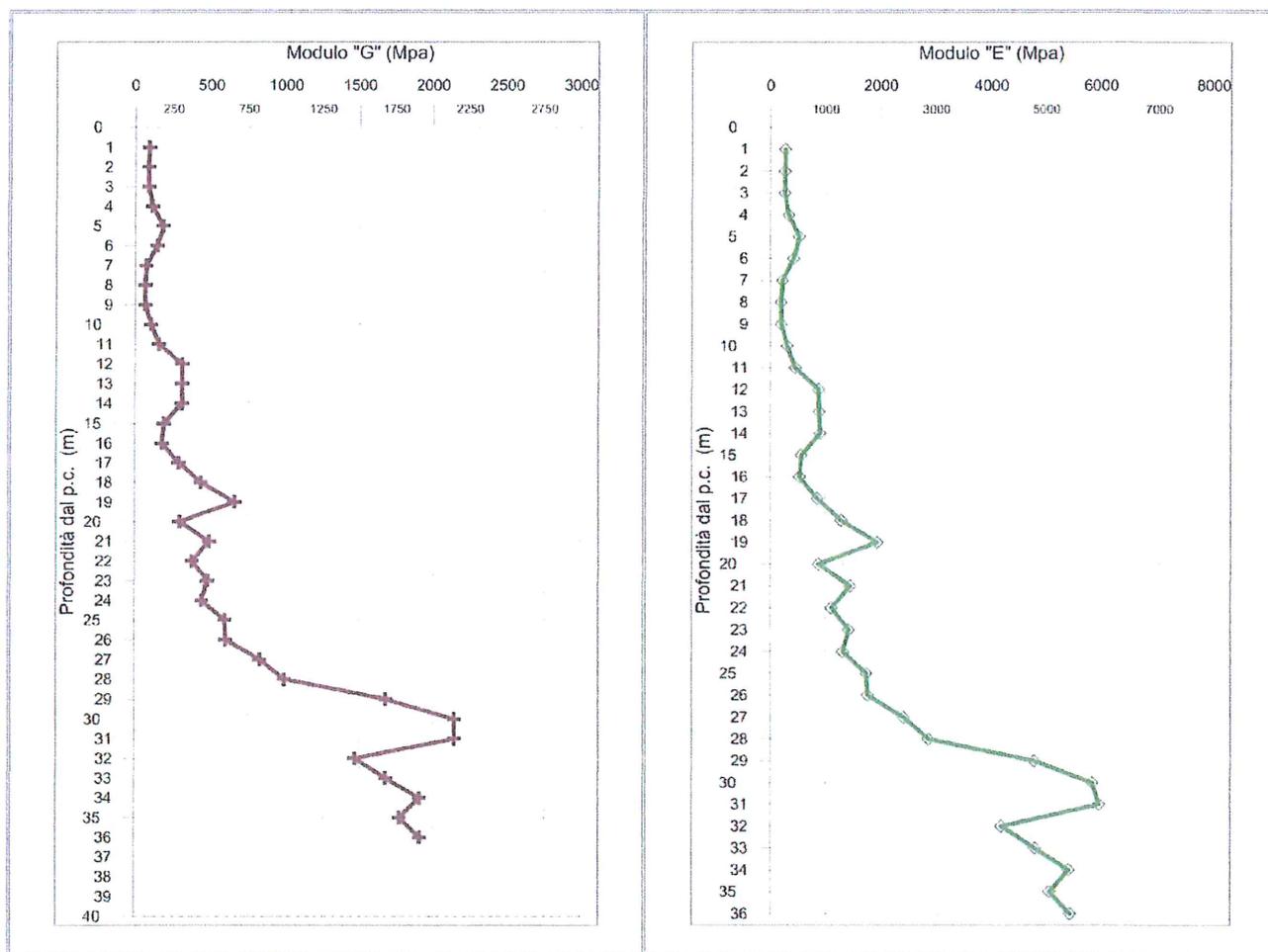


Figura 11 – A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dal p.c.

Figura 12 – A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dal p.c.

Napoli, 27 Aprile 2015

