

PROVINCIA DI AREZZO  
COMUNE DI LATERINA



## RIFACIMENTO DEL PONTE CATOLFI IN COMUNE DI LATERINA

### COMMITTENTE

COMUNE DI LATERINA  
via Trento, 21  
52020 Laterina (AR)

CODICE COMMESSA 

2	0	1	6	_	0	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---

LIVELLO PROGETTO ESECUTIVO

DATA GIUGNO 2017

### OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

### N. ELABORATO / TAVOLA

**b.2**

### SCALA

### REVISIONI

0	Prima emissione	30.06.2017
1	Aggiornamento prescrizioni validatore e Genio Civile	03.10.2017
2	Prescrizioni 2°validazione intermedia	16.10.2017
3		
4		

NOME FILE 2016 012\_PEGORE\_b.2\_relazione geologica\_R1

VERIFICATO **CT**

REDATTO **GL**

### PROGETTISTA

ING. MICHELE TITTON



Cartiglio n.002 rev. 05 del 01.01.2012

### PROGETTISTA DELLE STRUTTURE

ING. CARLO TITTON



**its**  
engineering company

ITS srl  
Corte delle Canne, 11  
31053 Pieve di Soligo (TV) Via del Castello, 12  
32043 Cortina d'Ampezzo (BL) C.F. & P.IVA 02146140260  
Tel.0438 82082 - Fax. 0438 980622 Tel.0436 5220 - Fax. 0438 980622 REA 351225 - Cap. Soc. € 100.000,00 i.v.  
info@its-engineering.com

# STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA

dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette 9/2 Pieve di Soligo (TV) tel/fax. 0438/842312

Comune di **LATERINA**

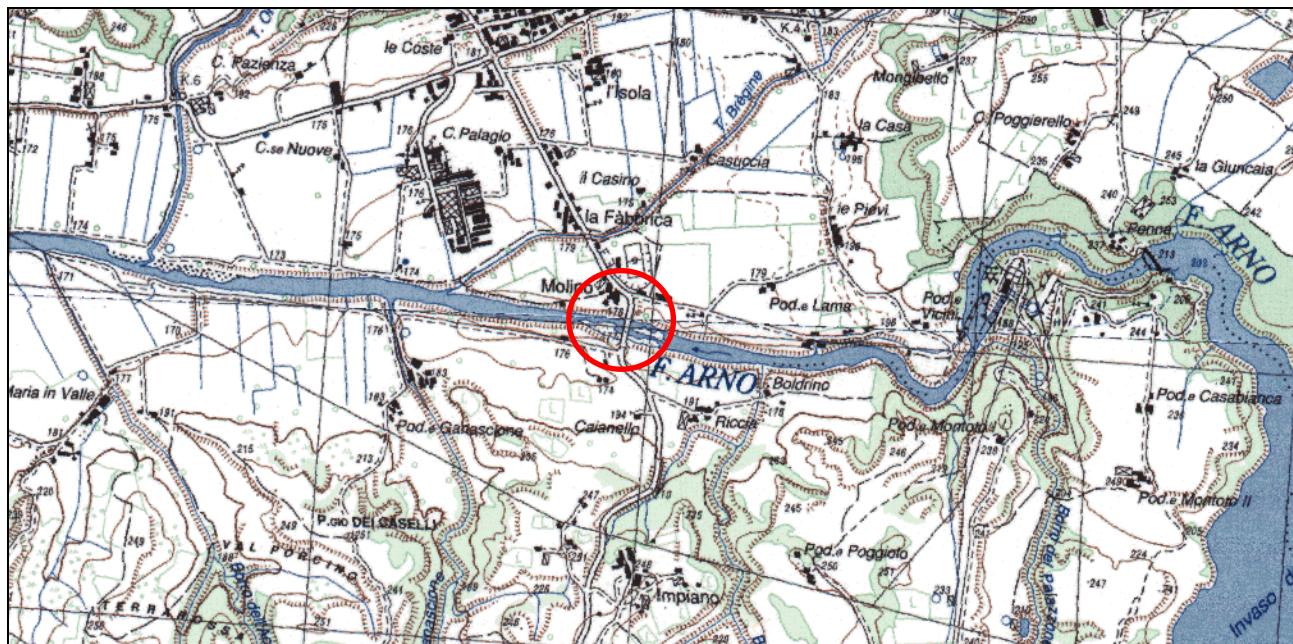
Provincia di **AREZZO**

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

(ai sensi D.M. 11/03/1988 e D.M. 14/01/2008)

### **PROGETTO DI RIFACIMENTO DEL PONTE CATOLFI IN COMUNE DI LATERINA". Progetto esecutivo**

**Ditta: Comune di LATERINA c.f./p.IVA: 00257270512**  
Via Trento, 21  
52020 LATERINA AR



ottobre 2017

il geologo



## Sommario

PREMESSA.....	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO e GEOMORFOLOGICO.....	4
SITUAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA.....	5
SITUAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	7
TETTONICA.....	11
ASPETTI IDROGEOLOGICI DEL SITO .....	12
INDAGINI ESEGUITE 2016.....	13
INDAGINI ESEGUITE 2017.....	15
MODELLO GEOLOGICO.....	18
ASPETTI SISMICI.....	19
CONCLUSIONI .....	28
ALLEGATI.....	30

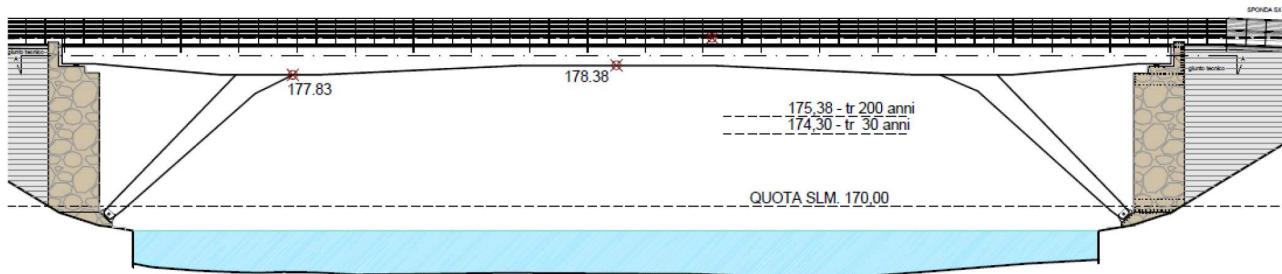
## PREMESSA

Il Comune di Laterina (AR) con provvedimento n. 239 del 02.12.2015, ha aggiudicato alla società ITS s.r.l. la progettazione “Preliminare e definitiva per la risistemazione del ponte o per la realizzazione di un nuovo attraversamento in sostituzione del predetto ponte Catolfi, previa pianificazione e direzione lavori delle indagini conoscitive finalizzate ad acquisire un livello di conoscenza almeno adeguato (almeno livello LC2) dell’attuale situazione del ponte. Con contratto stipulato in data 26 maggio 2017 ITS s.r.l. è stata incaricata della redazione della Progettazione Esecutiva dell’intervento denominato “Rifacimento del Ponte Catolfi in comune di Laterina” di cui il presente elaborato rappresenta la relazione geologica allegata al progetto esecutivo.

Il ponte Catolfi attraversa il fiume Arno in prossimità del comune di Laterina ed è parte della Strada Comunale d’Impiano. Il ponte, costruito negli anni 1959-1960, è caratterizzato da una struttura in conglomerato cementizio armato, di lunghezza complessiva pari a circa 64 m, suddivisa in 3 campate. L’interasse tra le due pile è pari a circa 25 metri. Le pile e le spalle risultano fondate su pali.

Lo stato di fatto è caratterizzato da un forte degrado dell’impalcato, che localmente ha anche compromesso le caratteristiche di sicurezza della struttura.

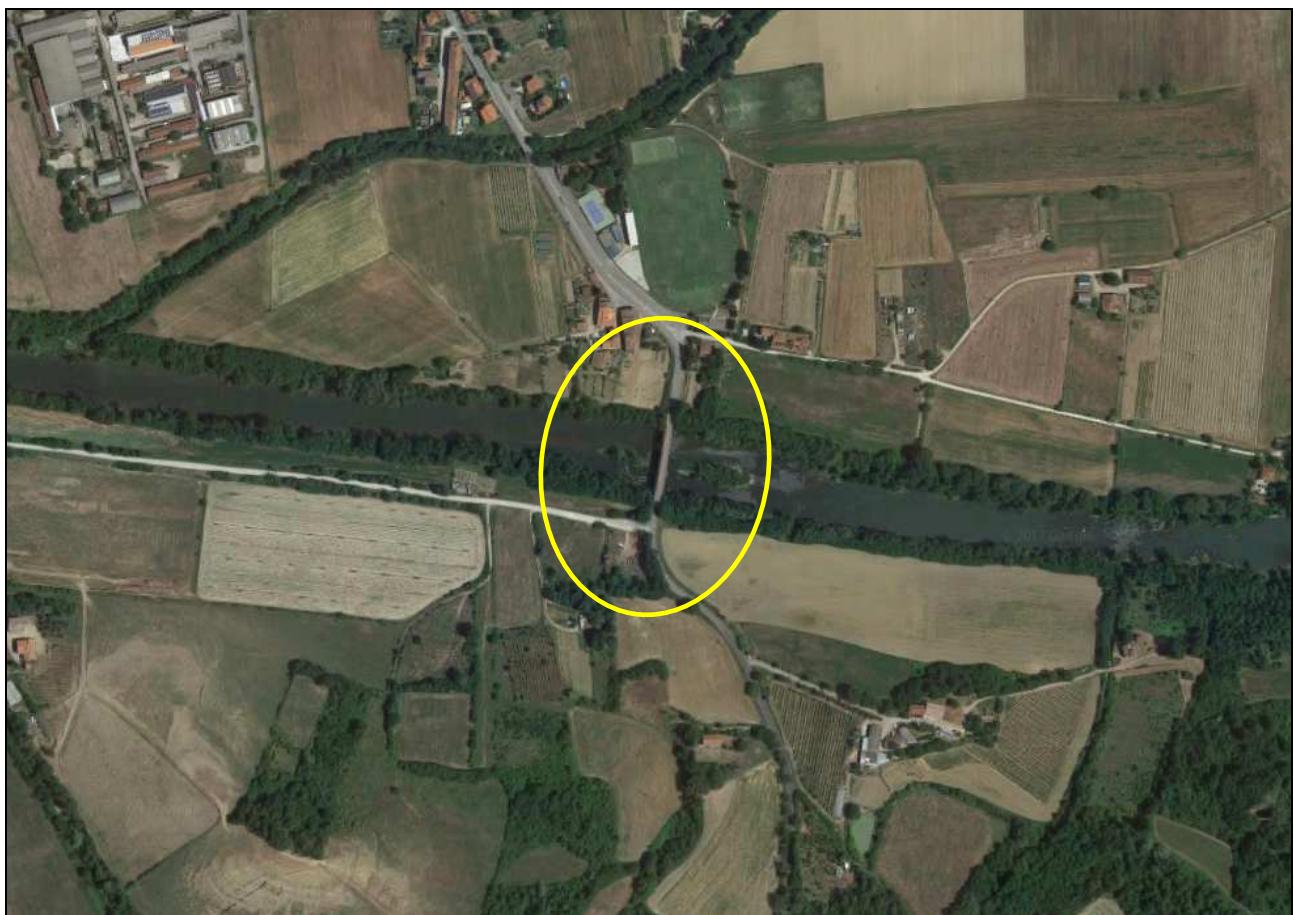
L’Amministrazione Comunale di Laterina (AR) con delibera della Giunta Comunale n. 121 del 22.10.2016 ha approvato lo studio di fattibilità dei lavori di “risistemazione del ponte o per la realizzazione di un nuovo attraversamento in sostituzione del predetto ponte Catolfi”, ha deliberato di dare l’indirizzo ai progettisti di procedere con i successivi livelli progettuali di un nuovo attraversamento secondo le caratteristiche di cui alla soluzione n. 4 “demolizione vecchio ponte e costruzione nuova struttura con ponte a cavalletto” di cui alla figura seguente.



Questa soluzione prevede la demolizione dell'impalcato e delle pile esistenti, e l'attraversamento del fiume con una coppia di travi in acciaio appoggiate sulle spalle e su dei puntoni di sostegno che riducono la luce libera della trave.

I puntoni scaricheranno su dadi di fondazione da realizzare ai margini dell'alveo, dadi che saranno impostati su pali di grande diametro.

Di seguito uno stralcio di immagine aerea tratta da GoogleEarth del giugno 2017.



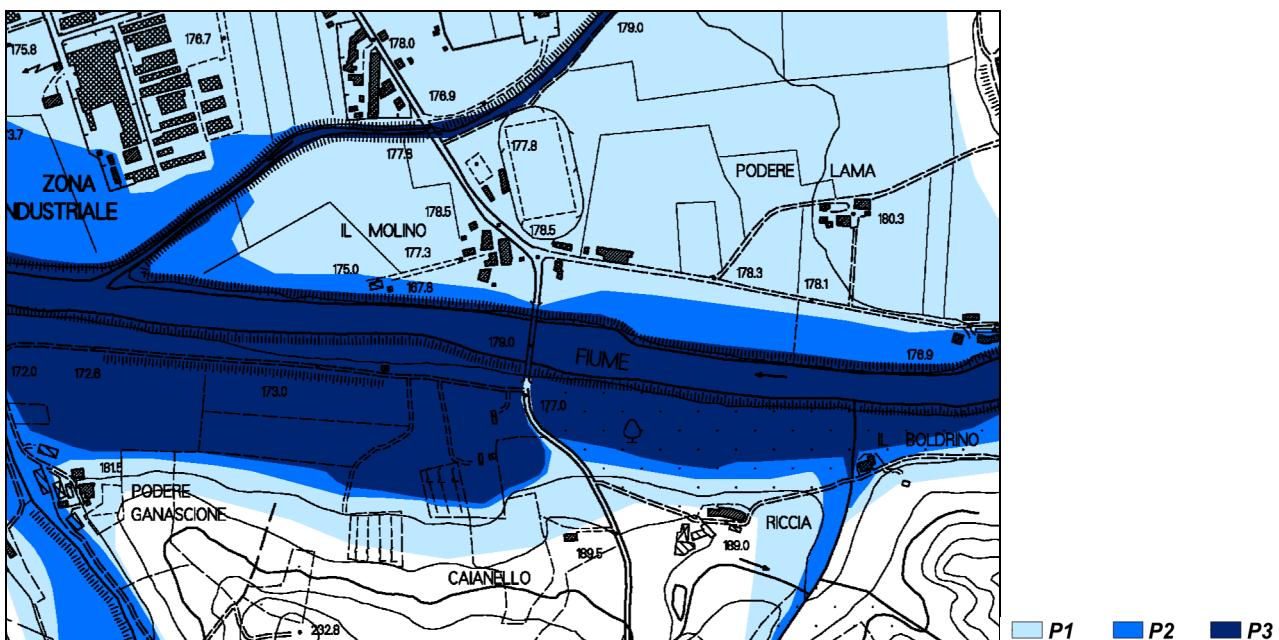
### INQUADRAMENTO GEOGRAFICO e GEOMORFOLOGICO

Il comune di Laterina si colloca lungo l'asta del f. Arno, tra Arezzo e Montevarchi, all'interno del bacino idrografico del Valdarno Superiore in un contesto orogenetico afferente l'Appennino Settentrionale. Il ponte Catolfi scavalca il f. Arno in località Il Molino, lungo la strada che collega il capoluogo comunale con la frazione di Ponticino, passando per le località di La Fabbrica e Impiano.

Dal punto di vista geomorfologico il tratto del fiume attraversato dal ponte ricade nella parte sud-orientale del bacino intracollinare di Montevarchi. In particolare il comparto di Laterina si colloca tra l'autostrada A1 a Sud e la linea ferroviaria FI-AR a Nord. La conca intracollinare si pone tra la stretta sbarrata dalla diga di La Penna a Est e il bacino di regolazione idraulica di Levane a Ovest.

La superficie topografica della piana di fondovalle, nell'ambito circostante il ponte si presenta subpianeggiante, con pendenze inferiori al 10% e quote comprese tra 178 e 173 m s.l.m.; il ponte ha l'impalcato a quota circa 179 m s.l.m. (da CTR) ed è sopraelevato di un paio di metri rispetto al piano di campagna a Nord. Il f. Arno scorre incassato di circa 5-6 m rispetto al piano di campagna.

Non risultano indizi di dinamiche geomorfologiche in atto, viste anche le modeste pendenze in gioco; alcuni piccoli dissesti gravitativi si osservano solo lungo le prime balze collinari verso Impiano. La piana risulta stabile, anche se soggetta, in occasione di piene eccezionali del f. Arno, ad episodi di sommersione che giustificano l'inserimento, da parte dell'Autorità di Bacino dell'Arno di gran parte della fascia centrale della piana in zone a pericolosità idraulica (figura seguente, tratta dal sito di [adb Arno](#)).



## SITUAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA

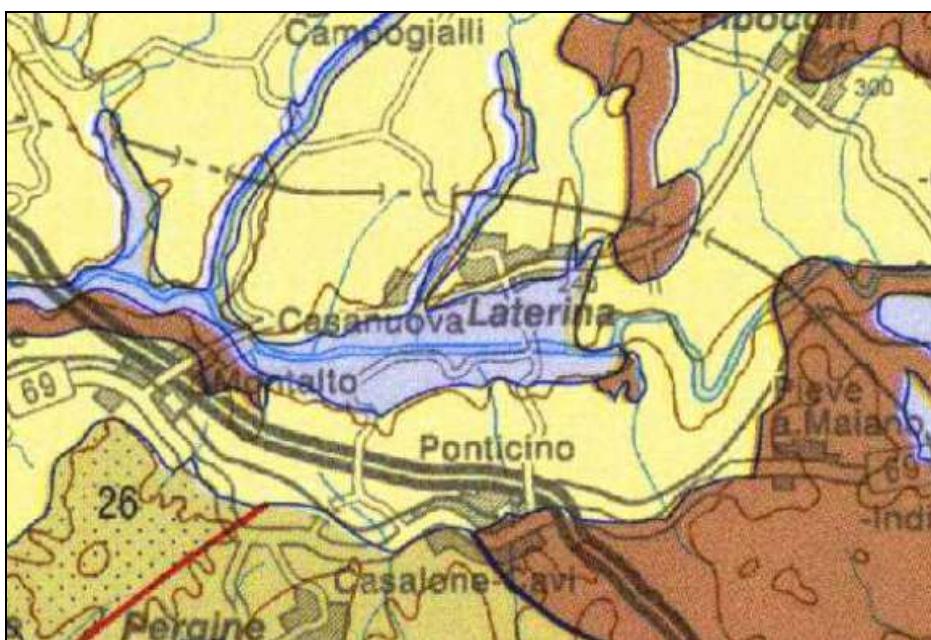
Il Bacino del Valdarno Superiore è uno dei tanti bacini posti all'interno dell'Appennino Settentrionale la cui formazione si colloca all'interno di un contesto tettonico e sedimentologico regionale che ha condotto alla genesi della catena appenninica a partire dal Miocene Medio; la maggior parte di tali bacini (anche il bacino del Valdarno Superiore) è caratterizzata da estensione in direzione NNO-SSE.

La formazione della catena e dei bacini viene normalmente ricondotta alla sinergia tra due regimi tettonici instauratesi nell'area a partire dal Miocene Medio: uno distensivo localizzato nel settore più ad ovest ed uno compressivo localizzato più ad est.

La migrazione nel tempo di entrambi i regimi in direzione ovest-est, in particolare del regime distensivo imputabile all'apertura del Bacino Tirrenico, avrebbe portato alla formazione di un sistema ad 'horst' e 'graben' delimitati da faglie normali dotate di orientazione NNO-SSE; in corrispondenza degli horst si sarebbero disposte le dorsali montuose mentre in corrispondenza dei graben i bacini intermontani riempiti poi di sedimenti fluviolacustri.

La presenza di accavallamenti di unità stratigrafiche distinte attraverso superfici di scorrimento 'thrust', in particolare della Falda Toscana sull'Unità Cervarola-Falterona e di questa ultima sulla Successione Umbro-Romagnola, porta inoltre ad ipotizzare nell'Appennino Settentrionale di un regime compressivo a partire dall'Oligocene e protrattosi poi fino al Pliocene Superiore. Tale regime avrebbe contribuito alla formazione di catene orogeniche e di bacini di avanfossa che nel tempo sarebbero migrati da ovest ad est.

In ogni caso la formazione dei bacini fluviolacustri intermontani, tra cui il Valdarno Superiore, avrebbe avuto luogo a partire dal Pliocene Superiore a seguito dello stabilirsi nell'area di un nuovo regime di tipo distensivo. Da un punto di vista stratigrafico il bacino del Valdarno Superiore presenta una struttura complessa. A grandi linee nel territorio del Comune di Laterina abbiamo la presenza di depositi continentali di origine fluviolacustre (Pliocene-Olocene) soprastanti un substrato roccioso (Oligocene-Eocene) rappresentato dall'Unità Cervarola – Falterona, dalla Formazione del Macigno (Serie Toscana) e dalla Successione di Monte Senario (Unità Tettonica Sub-Ligure). Di seguito uno stralcio della carta geologica della Toscana al 1:250.000 con la delineazione di quanto descritto.



	1	Sabbie, ciottolami e limi (depositi alluvionali, eolici, lacustri, palustri, lagunari e di spiaggia). QUATERNARIO <i>Sands, pebbles and muds (alluvial, eolian, lacustrine, palustrine, lagoonal, shore deposits).</i> <i>QUATERNARY</i>
	3	Conglomerati, arenarie, siltiti, argille e calcari di ambiente fluvio-lacustre. RUSCINIANO - VILLAFRANCHIANO <i>Conglomerates, sandstones, siltstones, clays and limestones of fluvial-lacustrine environment.</i> <i>RUSCINIAN - VILLAFRANCHIAN</i>
<b>DOMINIO SUBLIGURE SUBLIGURIAN DOMAIN</b>		
	26	Arenarie e conglomerati. Arenarie di Ponte Bratica, Arenarie di Petrignacola, Arenarie di M. Senario. RUPELIANO - AQUITANIANO INF. <i>Sandstones and conglomerates.</i> <i>RUPELIAN - EARLY AQUITANIAN</i>
	27	Argilliti, calcari e siltiti. Argille e calcari di Canetolo, Calcari di Groppo del Vescovo. PALEOCENE - EOCENE <i>Shales, limestones and siltstones.</i> <i>PALEOCENE - EOCENE</i>
<b>DOMINIO TOSCANO TUSCAN DOMAIN</b>		
<b>SUCCESSIONE NON METAMORFICA NON METAMORPHIC SUCCESSION</b>		
	30	Flysch arenacei esterni: arenarie, siltiti, argilliti e marne con olistostromi. Arenarie di M. Cervarola, Arenarie di Castel Guerrino, Arenarie di M. Falterona, Arenarie del Pratomagno, F.ne di Castiglione dei Pepoli, Marne di Vicchio, Marne di Pievepelago, Marne di Pontecchio, Marne di S. Michele, Marne di Civago, Marne di Marmoreto, Marne di S. Polo. CHATTIANO - LANGHIANO <i>External sandstone flysch: sandstones, siltstones, shales and marls with olistostromes.</i> <i>CHATTIAN - LANGHIAN</i>
	31	Flysch arenacei interni: arenarie, siltiti con olistostromi. Macigno, Arenarie di M. Modino. CHATTIANO - AQUITANIANO <i>Internal sandstone flysch: sandstones, siltstones with olistostromes.</i> <i>CHATTIAN - AQUITANIAN</i>

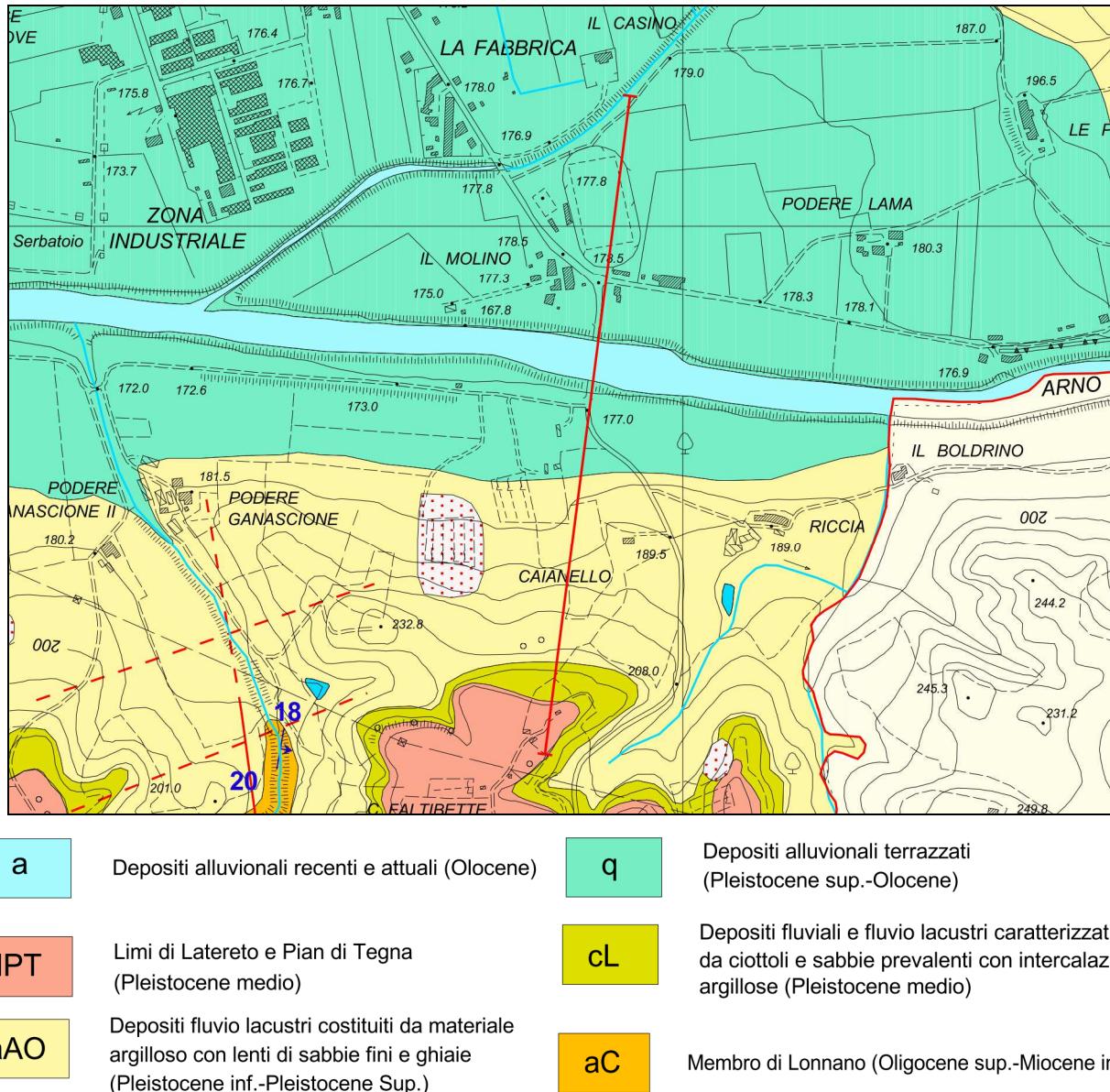
## SITUAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Passando poi ad una scala più grande, locale, viene rielaborata la carta geologica del Piano Strutturale di Laterina, che raggruppa le litologie presenti con criteri di tipo litotecnico, attribuendo alle diverse litologie la descrizione geologico/formazionale.

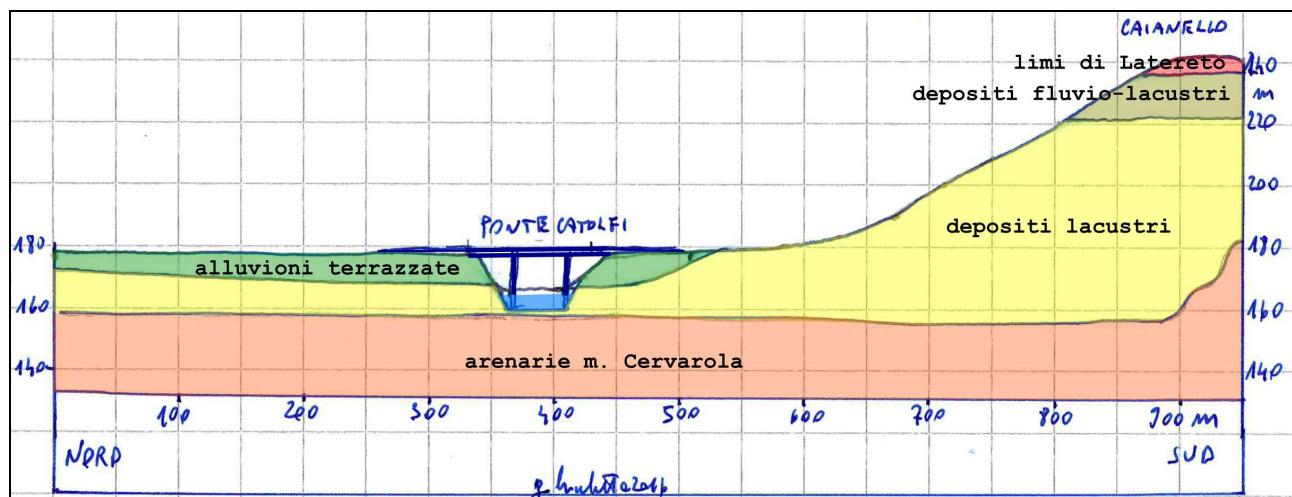
Nell'area indagata per la stesura della presente relazione sono presenti, in affioramento oppure al di sotto di alcuni decimetri di suolo:

1. I depositi alluvionali recenti in alveo del f. Arno;

2. le alluvioni terrazzate medio recenti di riempimento del bacino;
3. i terreni fluvio-lacustri riconducibili alla seconda e alla terza fase deposizionale del Valdarno Superiore (Successione di Montevarchi);
4. substrato, che affiora sui pendii collinari verso Impiano, costituito dall'Unità Cervarola – Falterona poi ricoperta dai Ciottolami di Laterina e le Sabbie di Levane ed i Limi di Latereto appartenenti alla Successione di Monticello.



Lungo la traccia rossa è ricavata la sezione geologica seguente:



Una descrizione più completa di tali litologie, da quelle più recenti a quelle più antiche, è la seguente:

**Depositи alluvionali recenti e attuali:** nella carta geologica si rinvengono in corrispondenza del letto del f. Arno. Sono rappresentati da sedimenti eterometrici (limi, sabbie e ghiaie) organizzati in corpi tabulari allungati (barre), spesso eteropici tra loro, disposti secondo la direzione della corrente. Lo spessore è valutabile nell'ordine di pochi metri.

**Depositи alluvionali terrazzati:** nella carta geologica impegnano gran parte della piana di fondovalle del f. Arno, su entrambi i lati del ponte Catolfi. Anche questi depositi sono rappresentati da sedimenti eterometrici (limi, sabbie e ghiaie) organizzati in corpi tabulari, spesso eteropici tra loro, disposti secondo la direzione della corrente. Talvolta sono visibili tracce di paleo alvei. Lo spessore è valutabile nell'ordine della decina di metri, l'età è Olocene – Attuale.

### *Gruppo di Monticello-Ciuffenna*

La terza successione deposizionale del Valdarno Superiore è costituita dai depositi fluviali del paleo – Arno. I depositi di questa successione riposano, verso i margini del bacino, sopra quelli della seconda fase con una leggera discordanza angolare marcata da resti di paleosuoli e probabilmente da una lacuna temporale. L'inizio della deposizione della terza successione coincide con un drastico cambiamento del drenaggio fluviale nell'area valdarnese. Le acque del paleo - Arno, che scorrevano in direzione sud verso la Val di Chiana, confluirono nel bacino del Valdarno Superiore. Il paleo - Arno cominciò così a scorrere nella parte più depressa del bacino, con un corso poco sinuoso, depositando in una stretta fascia i depositi fluviali di Monticello. L'insieme dei depositi, che risultano tra loro concordanti, raggiunge lo spessore di alcune decine di metri. Normalmente sono ricondotti a due unità, ciottolami di

Laterina e Sabbie di Levane, che però nel presente lavoro sono state riunite sotto un'unica sigla cL

**Ciottolami di Laterina:** si tratta di ciottolami ad elementi prevalentemente calcarei, derivanti dalla Formazione di Monte Morello e dai Calcaro a Brizzi della Verna ad indicare una chiara provenienza casentinese. I clasti costituenti il conglomerato sono in genere arrotondati, con dimensioni massime di 25-30 cm. Nella zona tipo all'interno dei Ciottolami di Laterina (cL) sono stati riconosciuti tre cicli deposizionali separati tra loro da superfici erosive. La giacitura di questi depositi, originatisi nel Pleistocene medio, è sempre orizzontale ed il loro spessore medio nel bacino è di circa 8 m.

**Sabbie di Levane:** si tratta di sabbie quarzoso - feldspatiche, con elementi carbonatici, da grossolane a medio fini, con livelli di conglomerati calcarei e lenti di materiale limoso più o meno estese. Nel bacino questa formazione, avente sempre una giacitura orizzontale ed un'età riferibile al Pleistocene medio, ha una potenza che raggiunge i 20 m. Nell'area di Impiano lo spessore è piuttosto esiguo, di pochi metri.

**Limi di Latereto (IL):** si tratta di limi argillosi e argilloso sabbiosi, organizzati in banchi massicci, pedogenizzati ed interessati localmente da pedogenesi a pseudogley. Lo spessore di questa unità, avente una giacitura orizzontale ed un'età Pleistocene medio, è variabile, raggiungendo un massimo di 20 metri. L'età è ascrivibile al Pleistocene medio.

### ***Gruppo di Montevarchi***

Il Gruppo di Montevarchi è stato deposto durante la seconda fase di deposizione fluvio-lacustre-palustre del Valdarno Superiore avvenuta durante il Pliocene superiore – Pleistocene inferiore. Per la descrizione dei materiali inerenti questa successione si è utilizzata la definizione generica di **depositi fluvio-lacustri**.

L'unità è stata depositata durante la seconda fase di sedimentazione fluvio-lacustre-palustre del Valdarno Superiore. Si tratta di depositi di origine palustro-lacustre costituiti da sabbie e limi, spessi diverse decine di metri. Le porzioni sabbiose di questa unità si sono deposte nella parte più distale dei delta conoidi, presenti soprattutto nella parte nord-orientale del bacino del Valdarno superiore, mentre questi progradavano verso il centro del bacino. Nel corpo sono presenti livelli arrossati e paleo suoli che indicano emersioni legate anche a periodi di parziale disseccamento del lago. L'età è Pliocene superiore - Pleistocene inferiore.

### ***Unità Cervarola-Falterona***

L'Unità Cervarola-Falterona è rappresentata nell'area in esame esclusivamente dalla propria porzione arenaceo - torbiditica oligo-miocenica costituita da una potente

successione. Nell'Unità Cervarola - Falterona si distinguono tradizionalmente le Arenarie del Falterona alla base e le Arenarie del Cervarola al tetto.

**Arenarie del Cervarola (aC):** la formazione è presente nella zona rilevata sul fondo del Borro Ganascione, ma non affiora direttamente nella zona di intervento pur essendo attraversata dai sondaggi eseguiti alla due teste del ponte. Si tratta di un'alternanza di marne, siltiti, e arenarie torbiditiche fini quarzoso-feldspatiche di colore grigio-azzurro e grigio scuro al taglio fresco e giallo-ocracee alla alterazione. Gli strati sono in genere di spessore medio e sottile a granulometria prevalentemente fine o media. Lo spessore massimo affiorante nell'area esaminata del Pratomagno è di circa 4-500 m. L'età della formazione è stata stimata: Oligocene superiore. L'assetto è per lo più scompaginato e gli strati si presentano intensamente piegati e boudinati.

## TETTONICA

Il ponte Catolfi insiste nei depositi alluvionali terrazzati recenti e nella successione di Montevarchi dei depositi fluvio-lacustri. Considerando le tre fasi di deposizione del Valdarno Superiore (Successione di Castelnuovo dei Sabbioni, Successione di Montevarchi, Successione di Monticello), esse si sono sviluppate successivamente all'individuazione strutturale del bacino valdarnese avvenuta nel Pliocene inferiore.

Il substrato del bacino è costituito da terreni arenacei di età terziaria delle Arenarie di Cervarola. Al di sotto dei sedimenti Plio - Pleistocenici è presente un thrust tra la Successione Toscana non metamorfica che affiora sui Monti del Chianti il cui fronte è rappresentato da una piega coricata e fagliata e le Arenarie del Monte Falterona - Monte Cervarola che affiorano sulla dorsale del Pratomagno. Le unità appartenenti alla Successione di Montevarchi e a quella di Monticello sono di regola stratificate ed hanno giacitura orizzontale.

Nella zona in studio non sono presenti faglie oppure pieghe di una certa importanza: infatti i terreni appaiono sempre con giacitura orizzontale e non dislocati.

Alcuni disturbi tettonici d'importanza secondaria sono presenti sulle colline tra Impiano, Ponticino e Rimaggio: si tratta di faglie distensive a modesto rigetto aventi direzione meridiana oppure NNE-SSW, generalmente con giacitura verticale.

Anche considerando gli aspetti sismici, dal catalogo nazionale ITHACA, risulta che circa 5 km a NW è presente una faglia del sistema Valdarno che è considerata FAC ovvero faglia attiva e capace. Tale attribuzione non è però confermata dal più recente catalogo DISS.

C'è infine da aggiungere che il recentissimo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Laterina non riporta alcun cenno a Faglie Attive e Capaci.

## ASPETTI IDROGEOLOGICI DEL SITO

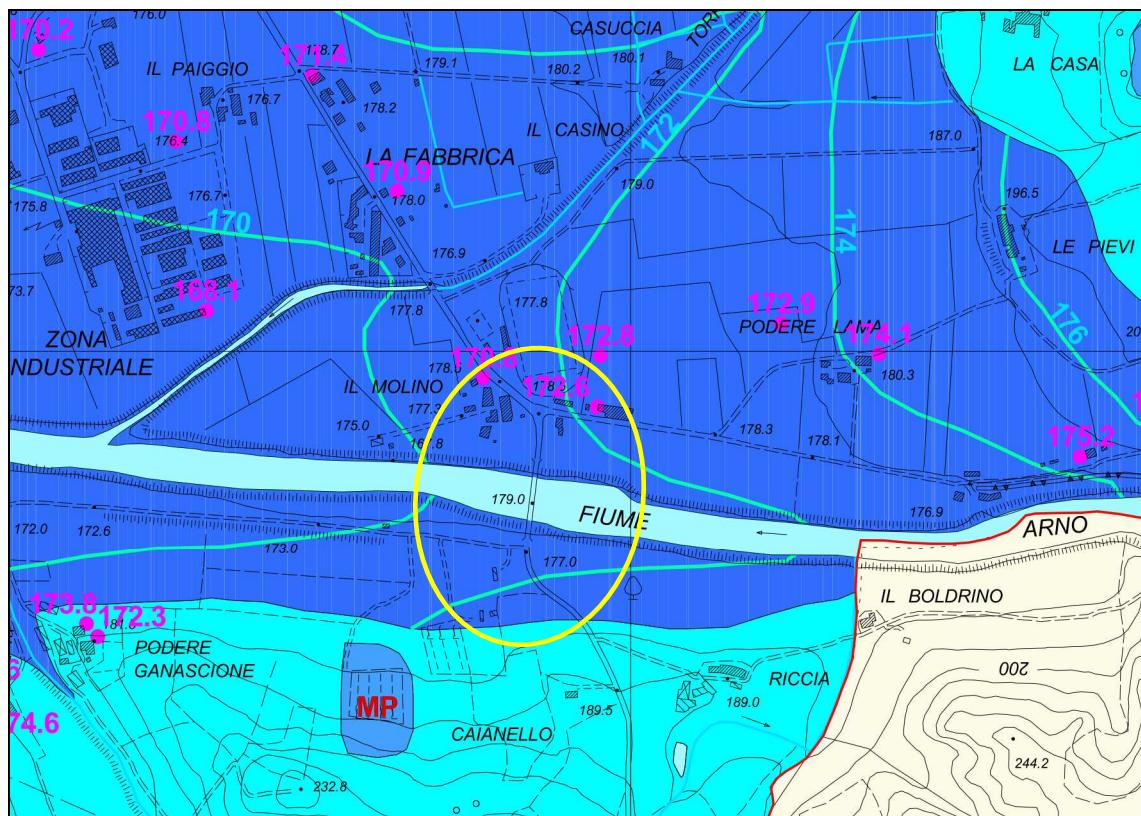
Dal punto di vista idrologico, il bacino del Valdarno superiore è dominato dal f. Arno che taglia la conca da Est verso Ovest. Ad esso afferiscono i vari corsi d'acqua di rango inferiore che scendono dalle colline circostanti: in destra idrografica abbiamo i torrenti Bregine e L'Oreto, che delimitano la dorsale di Laterina; in sinistra una serie di Borri: Rimaggio, Ganascione, del Palazzo.

Il corso dell'Arno è poi regolato da una serie di opere idrauliche con anche funzione idroelettrica: a monte della conca abbiamo lo sbarramento di La Penna mentre a valle abbiamo la diga di Levane. Entrambi gli sbarramenti sono stati realizzati alla fine degli anni '50 del secolo scorso e sono gestiti dall'ENEL. Oltre che per produrre energia elettrica sfruttando il moto delle acque del fiume fungono anche da bacino utile alle irrigazioni dei comuni valdarnesi e per rifornire parte dell'acquedotto che arriva fino a Firenze.

Passando poi alle acque sotterranee, va rilevato che le tipologie di terreni presenti nel sottosuolo della piana presentano valori di conducibilità idraulica piuttosto variabile; in particolare i depositi alluvionali recenti contengono livelli e lenti francamente granulari per ciò la permeabilità risulta da media ad elevata; i depositi fluviolacustri hanno invece una significativa componente coesiva per cui la permeabilità risulta da bassa a molto bassa; infine le arenarie del Cervarola, costituite da marne con livelli arenacei hanno valori di permeabilità medio-bassa per fratturazione.

In questo modo è possibile individuare una falda freatica che caratterizza l'intera piana di fondo valle collocandosi generalmente a pochi metri di profondità dal piano di campagna e con un marcato deflusso (gradiente 0,6-0,7%) verso Ovest a disegnare un asse di drenaggio in corrispondenza dell'incisione del f. Arno. In altre parole il corso d'acqua drena la falda.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta idrogeologica del Piano Strutturale del comune di Laterina in cui è ben evidente l'andamento delle isofreatiche con la relativa quota s.l.m.; I punti rossi sono pozzi misurati con la relativa quota assoluta della tavola d'acqua.



Permeabilità elevata (EP)



Depositi alluvionali recenti e attuali, depositi alluvionali terrazzati (a, q)

Permeabilità bassa (BP)



Limite di Laterite e Pian di Tegna, depositi fluvio lacustri con prevalente materiale argilloso (IPT,aAO)

## INDAGINI ESEGUITE 2016

Hai fini della caratterizzazione geologica e geotecnica del sito di imposta del ponte Catolfi sono state eseguite delle indagini geognostiche specifiche. A dire il vero dovrebbero esistere anche dei sondaggi geognostici eseguiti in passato, citati dall'ing. Vada nella relazione del progetto preliminare, ma non è stato possibile reperirli.

Sono quindi state eseguite le seguenti indagini per il progetto definitivo (solo quelle di interesse geologico-geotecnico):

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo fino a 30 m di profondità alle due teste del ponte.
- N. 2 stese sismiche da 24 m interpretate con tecnica MASW, sempre alle due teste del ponte.

I risultati delle analisi citate sono riportati nel rapporto di prova della ditta Laboratorio geotecnico GEOTEC di Siena, n.0085L02351 del 30/07/2016 a cui si rimanda.

Per la presente relazione geologica sono poi stati eseguiti degli approfondimenti geognostici che saranno descritti più avanti.

Dal rapporto GEOTEC sono estratte le informazioni e le immagini essenziali per la presente relazione geologica.

### Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

I due sondaggi geognostici sono stati realizzati a qualche metro di distanza delle due estremità del ponte, il sondaggio 1 lato Impiano, il sondaggio 2 lato Laterina. La successione stratigrafica delle due carote è molto simile e viene di seguito riassunta e sintetizzata, riferendola ai corpi geologico-stratigrafici già descritti in precedenza:

Sondaggio n. 1		
da m	a m	litologia
0	4,2	RIPORTO: rilevato stradale di accesso al ponte formato da materiali granulari con ghiaia e ciottoli in matrice limosa
4,2	9,7	Alluvioni terrazzate: ghiaie e ciottoli con livelli sabbiosi e limosi
9,7	21	Depositi fluviolacustri: limi argillosi, sabbie argillose, argille sabbiose e sabbie limose stratificate
21	30	Arenarie del Cervarola: marne ed argilliti più o meno alterate e fratturate

Sondaggio n. 2		
da m	A m	litologia
0	4,6	RIPORTO: rilevato stradale di accesso al ponte formato da materiali granulari con ghiaia e ciottoli in matrice limosa
4,2	11	Alluvioni terrazzate: ghiaie e ciottoli con sabbie limose sciolte
11	21,1	Depositi fluviolacustri: limi argillosi, sabbie argillose, argille sabbiose e sabbie limose stratificate
21,1	30	Arenarie del Cervarola: marne ed argilliti più o meno alterate e fratturate

Dai valori di Nspt in foro è possibile ricavare alcuni parametri geotecnici:

### Sondaggio 1:

z	litologia	Nspt	g (kN/mc)	Id (%)	fi_p (°)	fi_vc (°)	Su (kPa)	OCR (-)	mu (-)	M (MPa)	E25 (MPa)	Go (MPa)	Vs (m/s)	Kw (Kg/cmc)
5,2	GW-GP	5,95	16,8	25	29,8	27,9			0,172	8,6	6,2	51,7	173	1,26
12,2	ML-MH	120	21	100	48,4	34,9	777,6	24,2	0,451	70,8	10,5	312	321	30,36
21,2	CL-CH	120	21				777,6	13,9	0,5	138,4	9	329,8	346	26,56

### Sondaggio 2:

z	litologia	Nspt	g (kN/mc)	Id (%)	fi_p (°)	fi_vc (°)	Su (kPa)	OCR (-)	mu (-)	M (MPa)	E25 (MPa)	Go (MPa)	Vs (m/s)	Kw (Kg/cmc)
5,2	GW-GP	102	21	97	50,1	35,3			0,477	88,8	66,7	290,2	320	35,38
14,2	ML-MH	30	21	64	37,4	29,9	194,4	5,1	0,286	18,6	2,5	141,2	242	13,29
22,2	CL-CH	47	21				304,5	5,2	0,5	54,4	4,9	192,9	284	15,12

Legenda	
gamma	= peso di volume [kN/m <sup>3</sup> ]
Id	= Densità relativa (%)
phi(p)	= angolo d'attrito di picco [°]
phi(vc)	= angolo d'attrito a volume costante (°)
Su	= Resistenza al taglio non drenata [kPa]
OCR	= grado di sovraconsolidamento [-]
M	= modulo confinato [MPa]
Go	= modulo di taglio iniziale [MPa]
Vs	= velocità onde di taglio [m/s]
k	= modulo di reazione verticale (kg/cm <sup>2</sup> )

### Sondaggi sismici MASW

I due sondaggi sismici sono stati realizzati a partire da qualche metro di distanza delle due estremità del ponte, il sondaggio 1 lato Impiano, il sondaggio 2 lato Laterina, con stese di 24 geofoni intervallati di 1 m. i punti di battuta sono 1 m oltre il geofono di estremità. La successione sismostratigrafica dei due sondaggi è molto simile e viene di seguito riassunta e sintetizzata, riferendola ai corpi geologico-stratigrafici già descritti in precedenza:

Sondaggio n. 1			
da m	A m	Vs m/s	litologia
0	8	225	rilevato stradale + alluvioni terrazzate
8	14,7	347	Depositi fluviolacustri
14,7	35	520	Arenarie del Cervarola

Da cui il valore di Vs30 = 350 m/s

Sondaggio n. 2			
da m	A m	Vs m/s	litologia
0	3,5	150	rilevato stradale
3,5	9,2	251	alluvioni terrazzate
9,2	23,8	373	depositi fluviolacustri
23,8	35	599	arenarie del Cervarola

Da cui il valore di Vs30 = 323 m/s

### INDAGINI ESEGUITE 2017

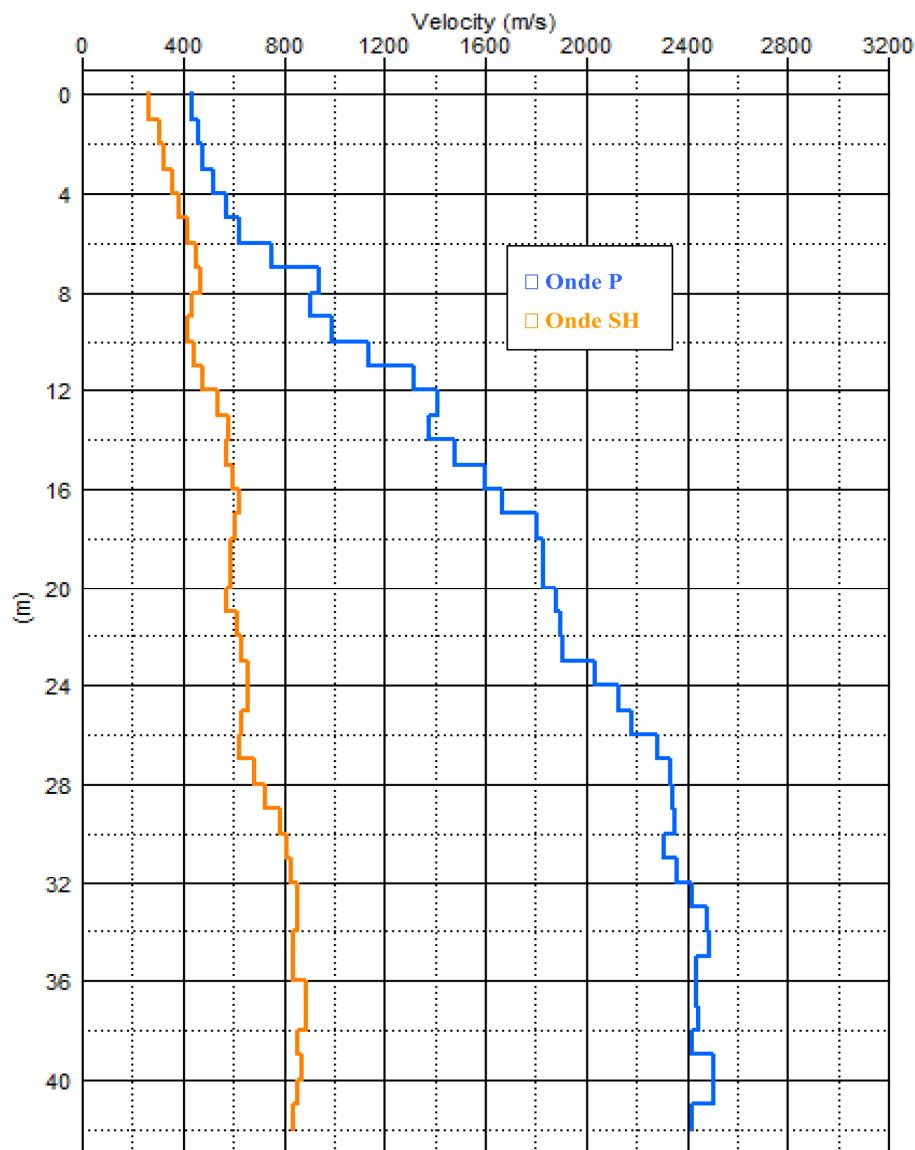
A fine settembre 2017 è stato fatto un approfondimento geognostico teso soprattutto a meglio definire gli aspetti sismici del sito.

È stato eseguito un foro a distruzione di nucleo fino a 45 metri di profondità in vicinanza della testa Sud del Ponte (in corrispondenza dell'imbocco di via Santa Maria

in Valle), a pochi metri dal punto in cui era stato in precedenza eseguito il carotaggio n. 1 di cui si conferma la stratigrafia. Nel foro sono stati prelevati due campioni indisturbati in corrispondenza dei livelli argillosi posti tra 10 e 11 m di profondità e tra 13 e 14 m di profondità che sono poi stati sottoposti a prove di laboratorio di cui si dirà in seguito. Nel foro è stato poi installato e cementato il tubo per l'esecuzione delle prove down-hole.

### Indagini DH

Con geofoni triassiali da foro sono state eseguite le rilevazioni sia in onde P che in onde SH, con passo di misura di un metro fino a 42 m di profondità. Di seguito si riporta il grafico rappresentativo delle velocità intervallari (cioè la velocità dello strato compreso tra i due geofoni in foro). Per maggiori particolari si rimanda al report della ditta esecutrice, Geoecho di Marini con sede a Colle di Val d'Elsa.



Si riporta l'attenzione solo sulle onde S, per le quali si hanno velocità medie (vedi tabella nel report Geoecho) che già a 4 m di profondità superano i 300 m/s e a 30 m superano gli 500 m/s. La Vs30 assume valori variabili a partire da 500 m/s a seconda della profondità di posa considerata (vedi report Geoesho).

### Sondaggio a rifrazione

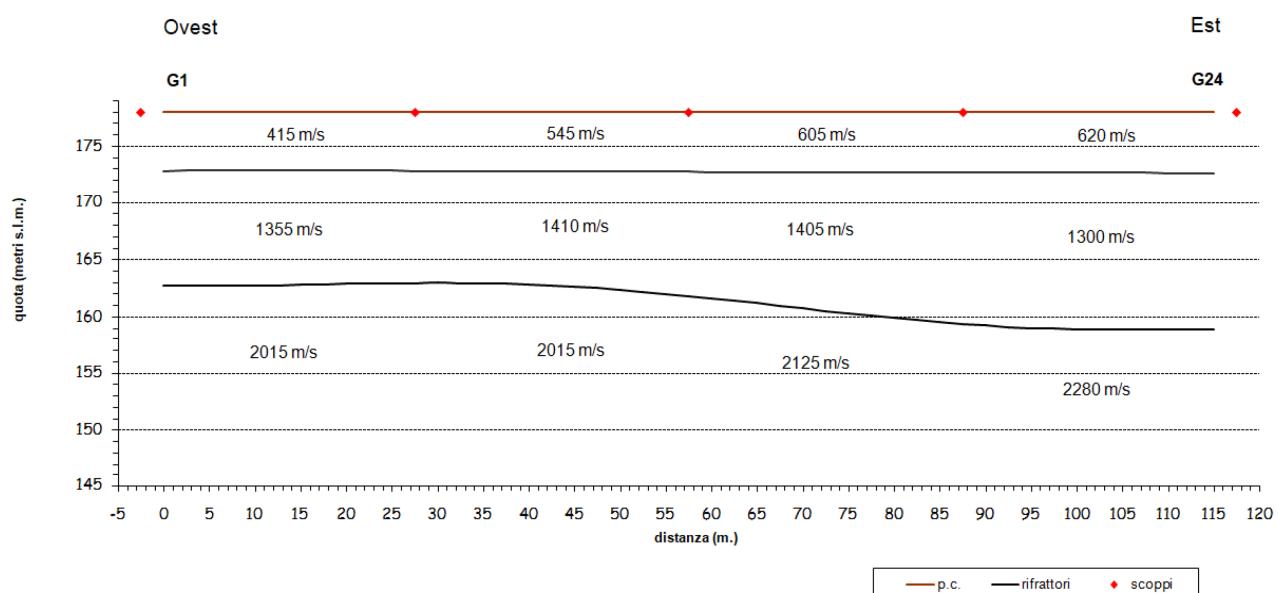
Sul lato opposto del ponte verso Laterina è stata eseguita una stesa sismica di 115 m con spaziatura intergeofonica da 5 m lungo la banchina stradale di via dei Vicini. Lo scopo era quello di confermare ed integrare gli esiti delle due MASW del 2016 la cui capacità di penetrazione nel sottosuolo non era stata ritenuta sufficiente.

La stesa sismica è stata energizzata sia alle estremità che in punti intermedi sia con onde longitudinali che con onde SH.

Il profilo ha messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche di compressione (P) e di taglio (S) schematizzabile rispettivamente in tre e in due sismostrati.

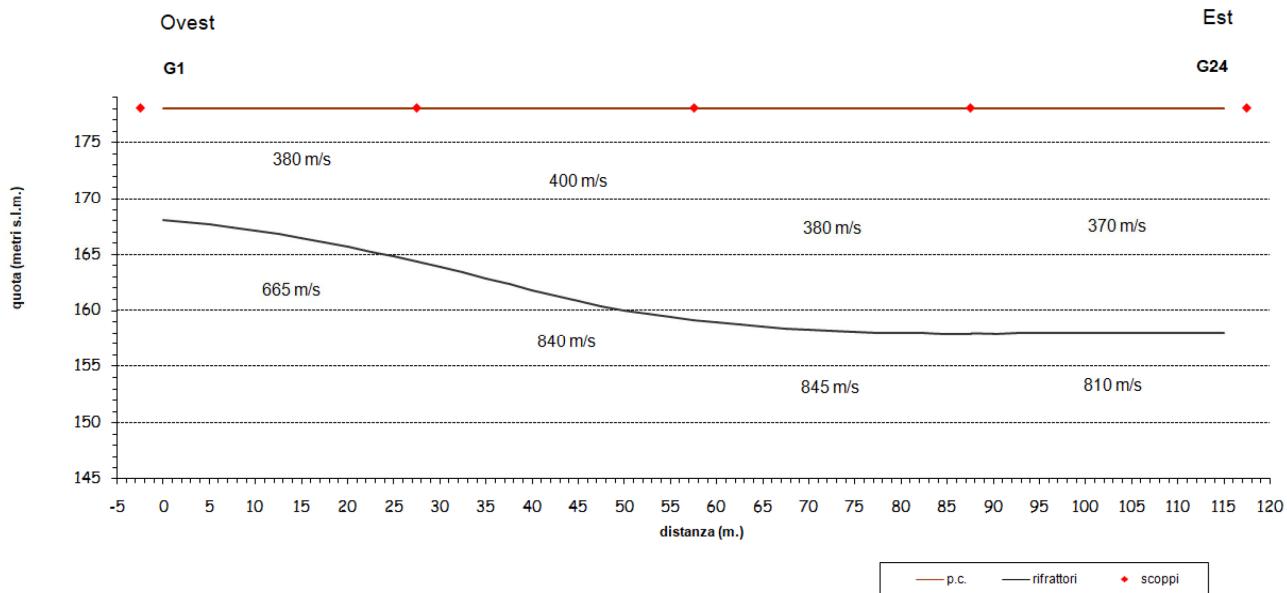
Per le onde P si osserva un livello superficiale con spessore medio di circa 5,25 metri e con velocità media VP pari a 575 metri/sec, un livello centrale con spessore medio di circa 11,5 metri e con velocità media VP pari a 1420 metri/sec e un substrato con velocità media VP pari a 2160 metri/sec.

### SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST01 - ONDE P



Per le onde S il primo sismostrato ha spessore medio di circa 16,95 metri con velocità media VS pari a 380 metri/sec. Le velocità VS del substrato hanno un valore medio pari a 790 metri/sec. La Vs30 viene determinata in 488 m/s.

## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST01 - ONDE SH



Anche in questo caso, per maggiori particolari si rimanda al report della ditta esecutrice, Geoecho di Marini con sede a Colle di Val d'Elsa.

### Analisi campioni

Su due campioni indisturbati (campionatore Shelby) prelevati nel foro per la prova down-hole sono poi state eseguite le indagini di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni. Da sottolineare il fatto che i livelli da campionare erano stati in precedenza individuati come quelli con le caratteristiche geotecniche peggiori.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei parametri geotecnici ottenuti:

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Compr.	Taglio diretto	
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γsec kN/m³	γsat kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	σ kPa	ϕ °	c kPa
1	1	10.5-11.0	21,3	19,9	16,4	20,1	0,61	38,0	93,9	37,6	26,0	11,6	1,40	0,9	22,2	44,1	32,8	A6 - I.G. = 9	190	25,5	11
1	2	13.0-13.5	39,1	17,9	12,9	17,9	1,06	51,4	99,8	39,8	22,7	17,1	0,04	0,3	80,9	18,8	A6 - I.G. = 11	138	30,3	26	

Anche in questo caso, per maggiori particolari si rimanda al report della ditta esecutrice, LABOTER snc di Pistoia.

### MODELLO GEOLOGICO

Sulla scorta delle indagini eseguite oltre che delle conoscenze pregresse è possibile ricostruire il modello geologico del sottosuolo, che ricalca quello del progetto definitivo, con anche indicazione dei principali parametri geotecnici.

La quota di riferimento è quella della strada che passa sul ponte Catolfi.

Modello geologico								
da m	a m	litologia	$\phi^\circ$	Cu (t/m <sup>2</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Vs m/s
0	4	rilevato stradale ghiaia e ciottoli in matrice limosa	28-30	0-2	1,8			150-220
4	10-11	alluvioni terrazzate: ghiaie e ciottoli con livelli sabbiosi e limosi	26-30	0-8	1,9	2,0	1,0	300-350
10-11	21	Depositi fluviolacustri: limi argillosi, sabbie argillose, argille sabbiose e sabbie limose	20-30	4-12	2,0	2,1	1,1	400-450
21	30	Arenarie del Cervarola: marne ed argilliti	28-34	10-20	2,1	2,2	1,2	600-800

Da notare che le ulteriori indagini eseguite hanno fornito valori dei parametri sempre all'interno del *range* sopra delineato. Ad esempio, per il livello da 10 a 21 m, i campioni prelevati nelle litologie con caratteristiche geotecniche più scadenti hanno dato valori di  $\phi$  di 25,5° e 30°. Si conferma quindi che i valori assunti dal progettista per le verifiche geotecniche (vedi relazione di calcolo) sono da considerarsi cautelativi.

Si ricorda che la quota di falda è praticamente coincidente con il pelo libero del corso d'acqua o leggermente superiore (il fiume in genere drena la falda).

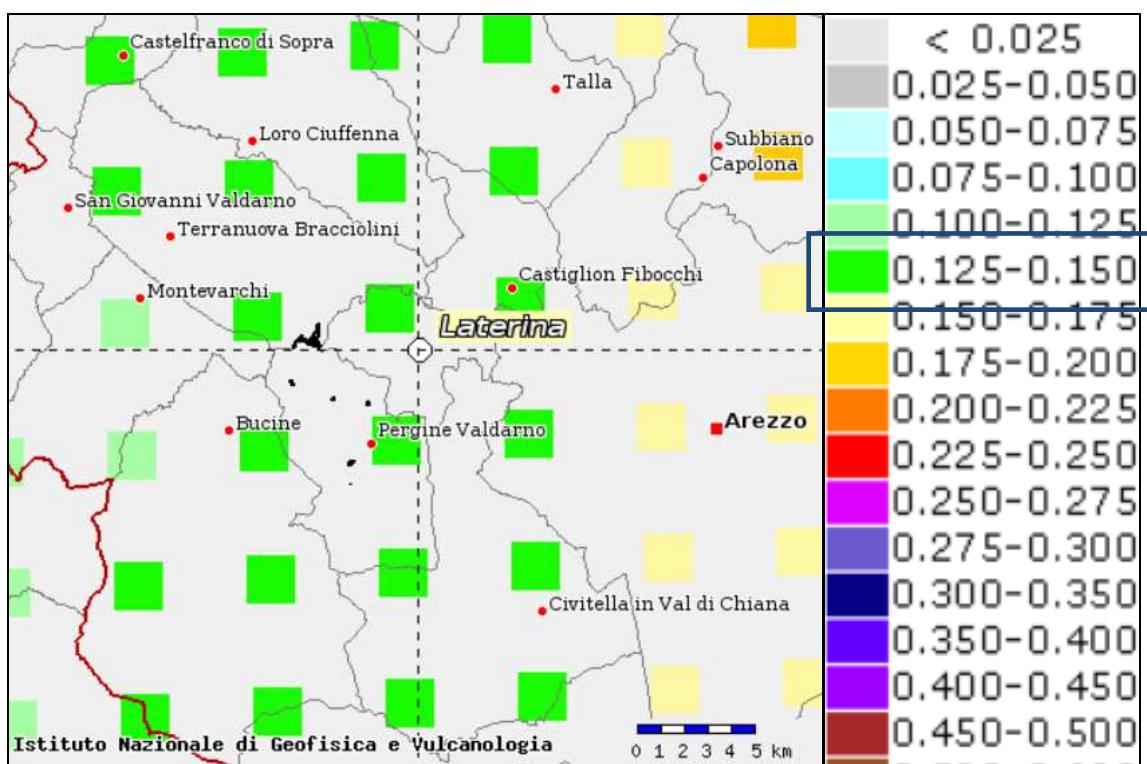
## ASPETTI SISMICI

Per quanto riguarda la pericolosità sismica del territorio dal punto di vista macroseismico, l'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 ha inserito il comune di Laterina in zona 3. Questa zona prevede un'accelerazione massima di picco su suolo di riferimento rigido tra 0,05÷0,15g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni.

Il comune di Laterina si è recentemente dotato di microzonazione sismica di livello 1 a cui si farà riferimento per alcuni aspetti della seguente trattazione.

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Laterina sia compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) tra 0,125÷0,150g. Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici, in assenza di fattori amplificativi di sito, devono essere compresi entro questa fascia.

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108, in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza. Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni.



Quindi la OPCM 3519 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio: la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Per l'attribuzione del sito alla fascia di pericolosità sismica di competenza è stato creato un reticolo di riferimento i cui nodi, individuati in termine di latitudine e longitudine, devono distare di un passo  $\leq 0,05^\circ$ : l'INGV ha fornito i parametri di griglia con passo  $0,05^\circ$  e  $0,02^\circ$  (in termini di distanza circa 10 km e circa 5 km). Per ogni

punto vengono forniti i seguenti parametri:

- id identificativo del punto della griglia di calcolo
- long longitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
- lat latitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
- ag accelerazione massima del suolo (50mo percentile, valore standard)

In sostanza è possibile ricavare una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale. In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- $A_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,

servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/2008. I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: <http://esse1.mi.ingv.it>.



I valori dei parametri ag, Fo e Tc\* determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni (Categoria A), ovvero con presenza di substrato sismico ( $V_{s30} > 800\text{m/s}$ ) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Sulla base di quanto detto sopra e utilizzando software specifici disponibili in rete (Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5 oppure Edilus-MS ACCA), il valore mediato del moto sismico

rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono, può essere descritto convenientemente dallo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del moto che tengono in debito conto delle amplificazioni locali (stratigrafiche e topografiche).

Benchè le ultime indagini geofisiche (DH e rifrazione) portino a valori di  $V_{s30}$  superiori a 400 m/s (e quindi terreno B) si è concordato con il progettista di confermare prudenzialmente la categoria di sottosuolo riportata nella precedente

relazione geologica.

Quindi ai sensi della normativa sismica (D.M. 14/01/2008= NTC) il terreno di progetto ricade nella classe C = depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti (con Vs compresa tra 180 e 360 m/s. La categoria topografica è la T1 in quanto pendio con inclinazione media inferiore a 15° e l'altezza delle scarpate del f. Arno non è tale da costituire fattore di amplificazione di tipo topografico (altezza maggiore di 10 m).

Nella tabella seguente si riportano i valori da utilizzare nelle verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita SLV, determinati per il sito del ponte Catolfi, assumendo per il sito una categoria topografica

I dati di longitudine e latitudine del sito sono desunti da Google Maps.

<i>Latitudine e Longitudine sito</i>	<i>Coordinate ED50</i>	<i>Coordinate WGS 84</i>
	N 43,499685 E 11,720092	N 43,498725 E 11,719124
	<i>Dati in ingresso</i>	<i>Dati in uscita</i>
Periodo di ritorno	475 anni	
Vita nominale dell'opera	50 anni	
Classe d'uso	II	
Fo	2,413	
Tc*	0,298	
Accelerazione orizzontale max al sito ag(g)	0,140	
Tipo terreno	C	
Coefficiente Cc	$1,05 * (Tc*)^{-0,33}$	1,566
Amplificazione Stratigrafica Ss	1,70-0,60*Fo*ag/g	1,497
Amplificazione Topografica St	T1	1,0
Accelerazione massima attesa in superficie	amax= Ss*St*ag/g	1,497*1,0*0,140 = 0,210

Al di là dell'applicazione dei valori di griglia appena esposti è anche possibile stimare la Magnitudo attesa per Laterina passando attraverso le Zone Sismogenetiche ZS):

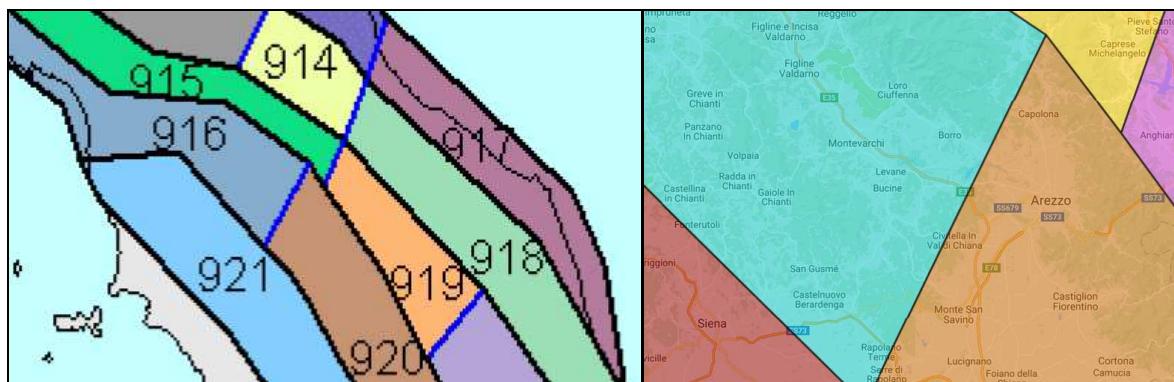
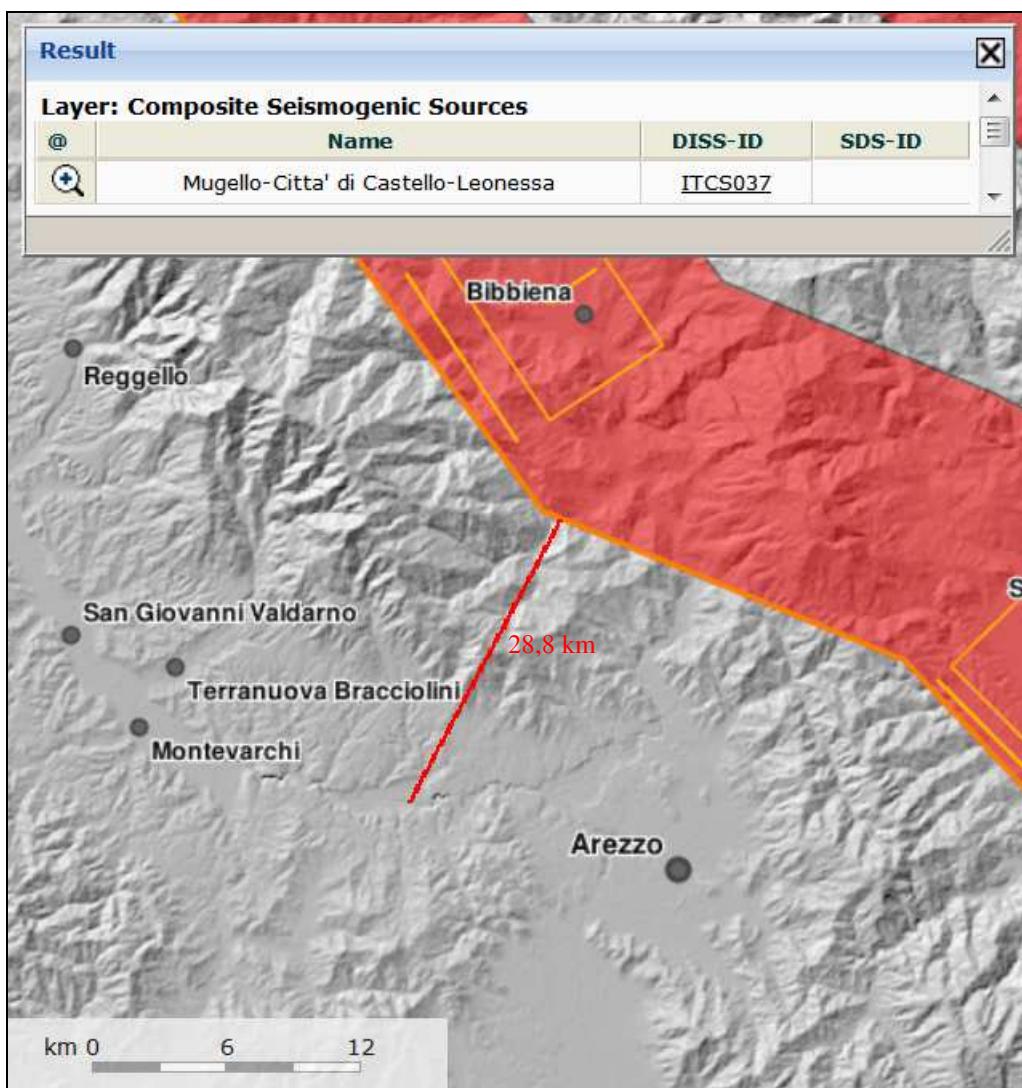


Tabella 2.8-1 – Valori di  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	$M_{wmax}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Ortona	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

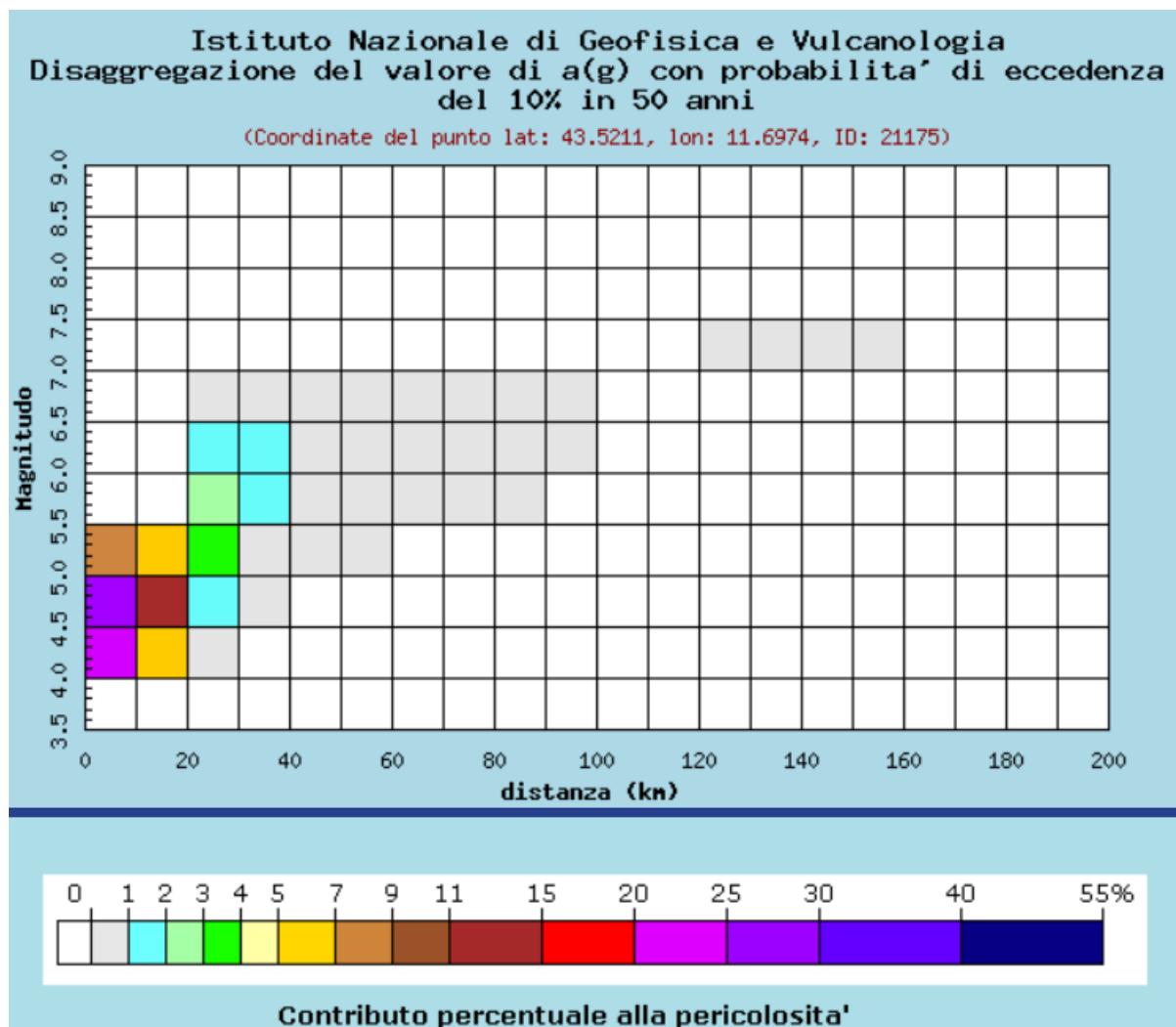
L'area di Laterina ricade nella zona 916 (Versiglia-Chianti) per la quale le Linee guida per la Microzonazione Sismica prevedono una magnitudo massima pari a 6,14. Ma in realtà il sito in esame si colloca a diversi km dalle strutture sismogenetiche: dal catalogo DISS ricaviamo che la struttura composita più vicina è quella denominata "Mugello-Citta di Castello-Leonessa" che si colloca a circa 29 km dal ponte Catolfi.



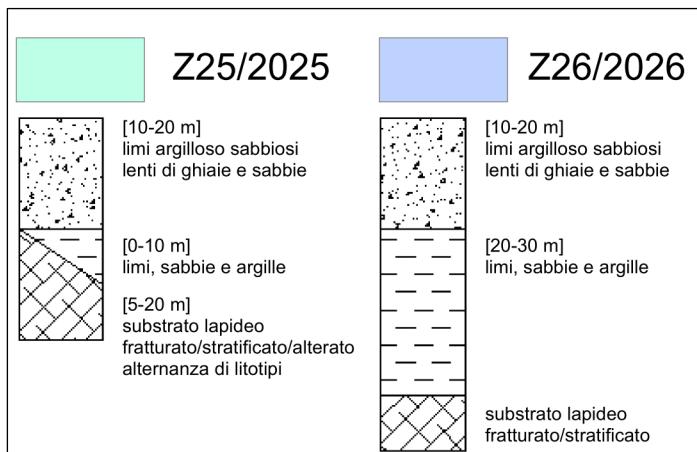
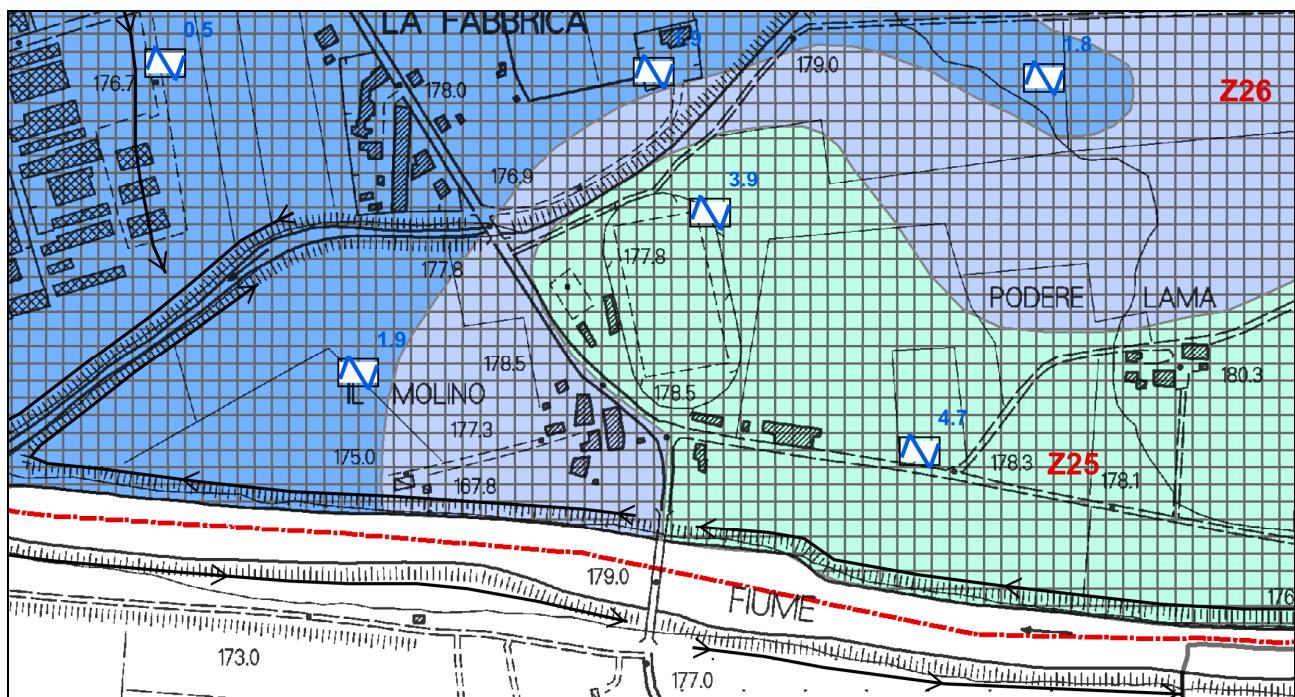
È quindi normale che il sisma venga risentito in corrispondenza del sito in maniera attenuata.

Dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> è possibile ricavare il grafico di disaggregazione per i nodi di griglia in maniera da ottenere una stima del contributo di pericolosità sismica e la magnitudo attesa.

Di seguito si riporta il grafico di disaggregazione per il nodo 21155 posto a NW del centro di Laterina che risulta essere il più prossimo al sito di Ponte Rodolfi. Come evidente la magnitudo attesa è tra 4 e 5 (complessivamente tra 20 e 30%) con la possibilità di arrivare a 5,5 al massimo all'11%.



Passando alla carta MOPS della microzonazione sismica comunale, di cui si riporta di seguito uno stralcio, il sito ricade sul limite tra la microzona 2026 e la 2025:



Dal modello stratigrafico è evidente che il sito in esame è più vicino alla successione della zona 25 piuttosto che alla 26 in cui lo spessore dei terreni sciolti arriva a 30-50 m.

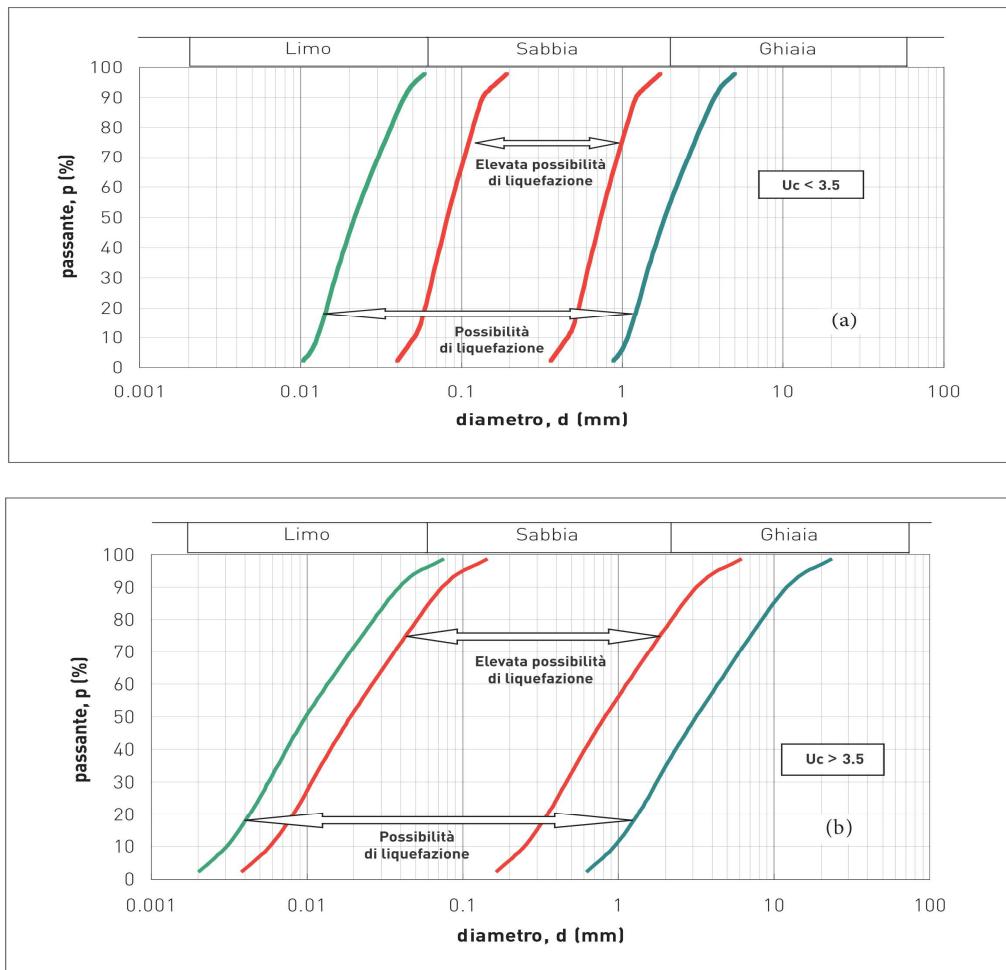
Passando infine alla suscettibilità alla liquefazione, peraltro segnalata anche nella carta MOPS (retino quadrettato) è necessario fare alcune considerazioni.

Il D.M. 14/01/2008 indica che la verifica può essere esclusa quando si verifichi almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test)

normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ ."



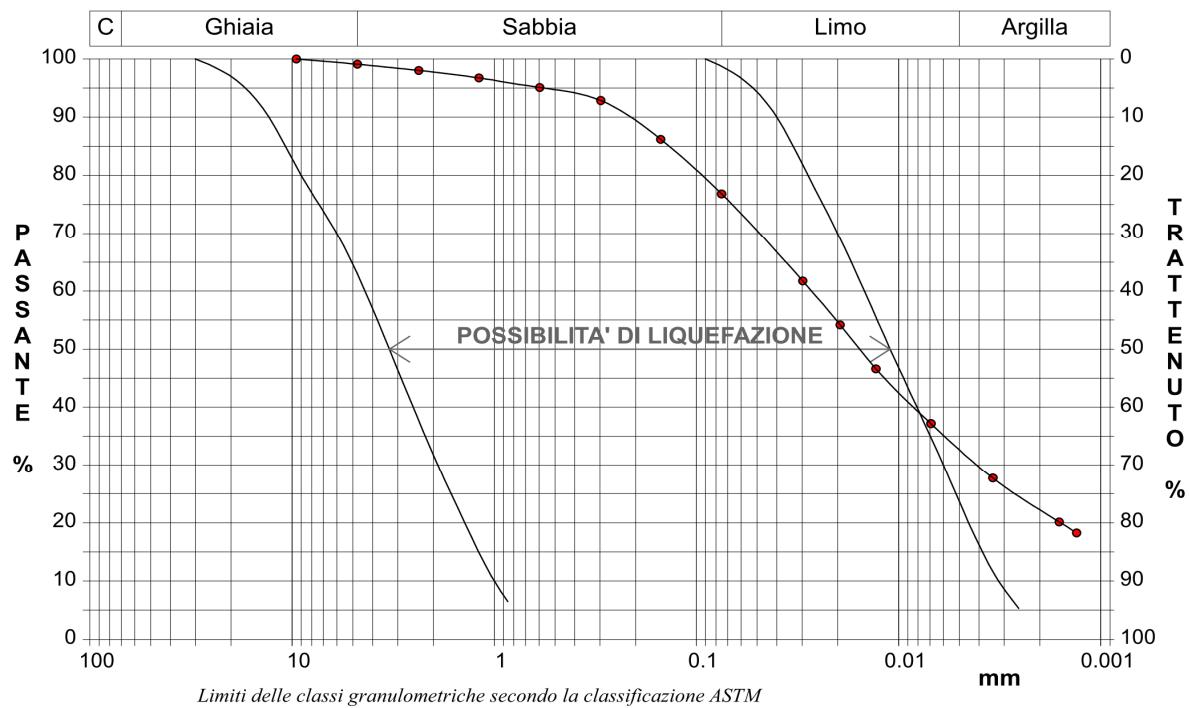
Nel nostro caso abbiamo che sono certamente presenti le prime tre condizioni:

1. la magnitudo attesa è maggiore di 5;
2. l'accelerazione a piano campagna è maggiore di 0,1g (0,140g sul bedrock);
3. la falda si colloca a 5-6 m di profondità, all'incirca alla quota del fiume.

Per quanto riguarda la condizione 4 i parametri di resistenza a penetrazione SPT eseguiti nei sondaggi del 2016 risultano tutti superiori a 30 (a parte un valore a 5 m di profondità nel sondaggio 1) e quindi assumendo  $N_{SPT} = N_{60}$  (secondo Cestari, 1996) oppure  $N_{1,60} = N_{SPT} * C_E * C_N * C_R * C_B * C_S$  in cui i vari coefficienti, complessivamente, risultano superiori all'unità, risulta che la condizione 4 è soddisfatta.

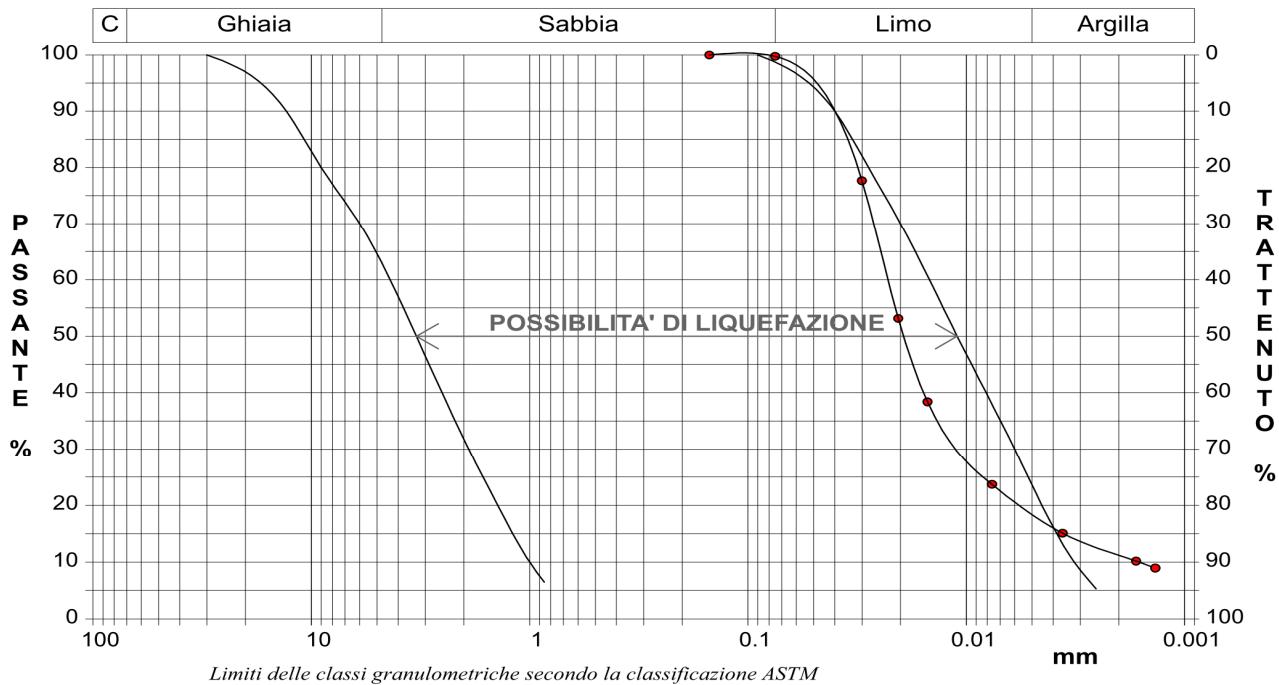
Infine la condizione 5 è quantomeno dubbia: la curva granulometrica dei due campioni analizzati in laboratorio risulta solo in parte all'interno del fuso granulometrico potenzialmente suscettibile di liquefazione.

Di seguito la rappresentazione per il campione 1 a 10,50 m di profondità:



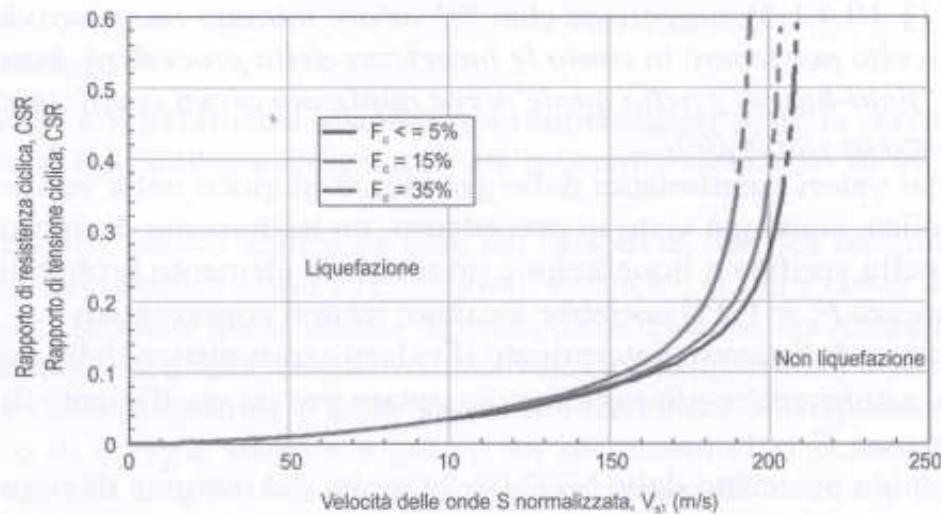
Da notare che la frazione argillosa supera il 20% e la frazione limo-argillosa supera il 35% per cui, per l'Eurocodice 8, la possibilità di liquefazione è da escludere.

Lo stesso dicasì per il campione 2, a 13 m di profondità, in cui la natura del campione è quasi totalmente limoso-argillosa.



Infine, a ulteriore supporto del fatto che i sedimenti presenti in situ siano non liquefacibili vi è anche una valutazione in merito alle velocità delle onde di taglio  $V_s$ : secondo vari autori il valore di  $V_s$  di 220 m/s è considerato discriminante per il

potenziale di liquefabilità dei terreni sciolti. In altre parole se risulta, già a partire dai 3 m di profondità, che le Vs sono superiori a 220 m/s il rischio di liquefazione è molto remoto (vedi figura seguente).



Nelle indagini sismiche a disposizione, tutte, compaiono velocità inferiori a 220 m/s solo per i primi 3,5 m della MASW 2 del 2016, che corrispondono al rilevato stradale; poi abbiamo velocità di 225-280 m/s fino a 8-9 m di profondità (rispetto alla strada) e a seguire velocità superiori a 350 m/s. Considerata la quota di imposta delle fondazioni (senza considerare i pali) siamo quindi con velocità ampiamente superiori a 220 m/s. Questo è ulteriormente confermato dalla prova down-hole in cui è ben evidente (vedi a pag. 16) come le Vs siano di 268 m/s nel primo metro per superare i 300 m/s già a 4 m di profondità.

## CONCLUSIONI

La presente relazione riprende i contenuti della relazione geologica redatta per il progetto definitivo, integrandola con gli approfondimenti geognostici eseguiti nell'area del Ponte Catolfi a Laterina AR la settimana scorsa.

In base a quanto detto finora, le opere in progetto ricadono in un'area sostanzialmente stabile dal punto di vista geomorfologico, caratterizzata da terreni di natura alluvionale in prevalenza limoso sabbiosi ed argillosi.

Il modello geologico del sottosuolo è stato definito attraverso dei sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 30 m di profondità rispetto al piano stradale e sondaggi sismici attivi MASW, poi integrati con sismica a rifrazione e down-hole. Esso

vede la presenza di uno strato superficiale con spessore dell'ordine dei 4 m del rilevato stradale a cui fanno seguito, fino a circa 10-11 m di profondità, dei depositi alluvionali terrazzati costituiti da terreni eterogenei, in prevalenza ghiaioso sabbioso con livelli argilloso-limosi; a questo seguono argille e argille limose e sabbiose dei depositi fluviolacustri fino a circa 21 m; a profondità ancora maggiori abbiamo le marne e le argilliti del substrato geologico prequaternario.

Tale modello geologico del sottosuolo trova riscontro anche nella successione stratigrafica prevista dalla carta MOPS della microzonazione sismica comunale.

Si hanno condizioni sature a modesta profondità, sostanzialmente coincidente con la quota di scorrimento del f. Arno o leggermente superiore.

Dal punto di vista sismico, secondo le NTC2008, il terreno viene fatto rientrare, prudenzialmente nella categoria C, come era stato indicato nella relazione del progetto definitivo. La categoria topografica è confermata essere la T1.

Può essere escluso il rischio di liquefazione in quanto, dalla disamina dei dati delle indagini a disposizione, i fusi granulometrici dei campioni analizzati in laboratorio rientrano solo parzialmente nella fascia di potenziale suscettibilità alla liquefazione ma, soprattutto, i valori delle velocità Vs determinati con la prova DH ma anche dalla rifrazione, sono superiori a 220 m/s con la sola eccezione del rilevato stradale.

L'area viene giudicata idonea all'intervento in progetto.

Pieve di Soligo, 03 ottobre 2017

dott. geol. Gino Lucchetta  
Ordine Geologi del Veneto n. 242



## ALLEGATI

CARTA TECNICA REGIONALE 1:10.000

PLANIMETRIA SONDAGGI

SONDAGGIO a CAROTAGGIO n. 1

SONDAGGIO a CAROTAGGIO n. 2

SONDAGGIO MASW n. 1

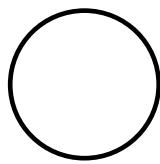
SONDAGGIO MASW n. 2

## REPORT ALLEGATI

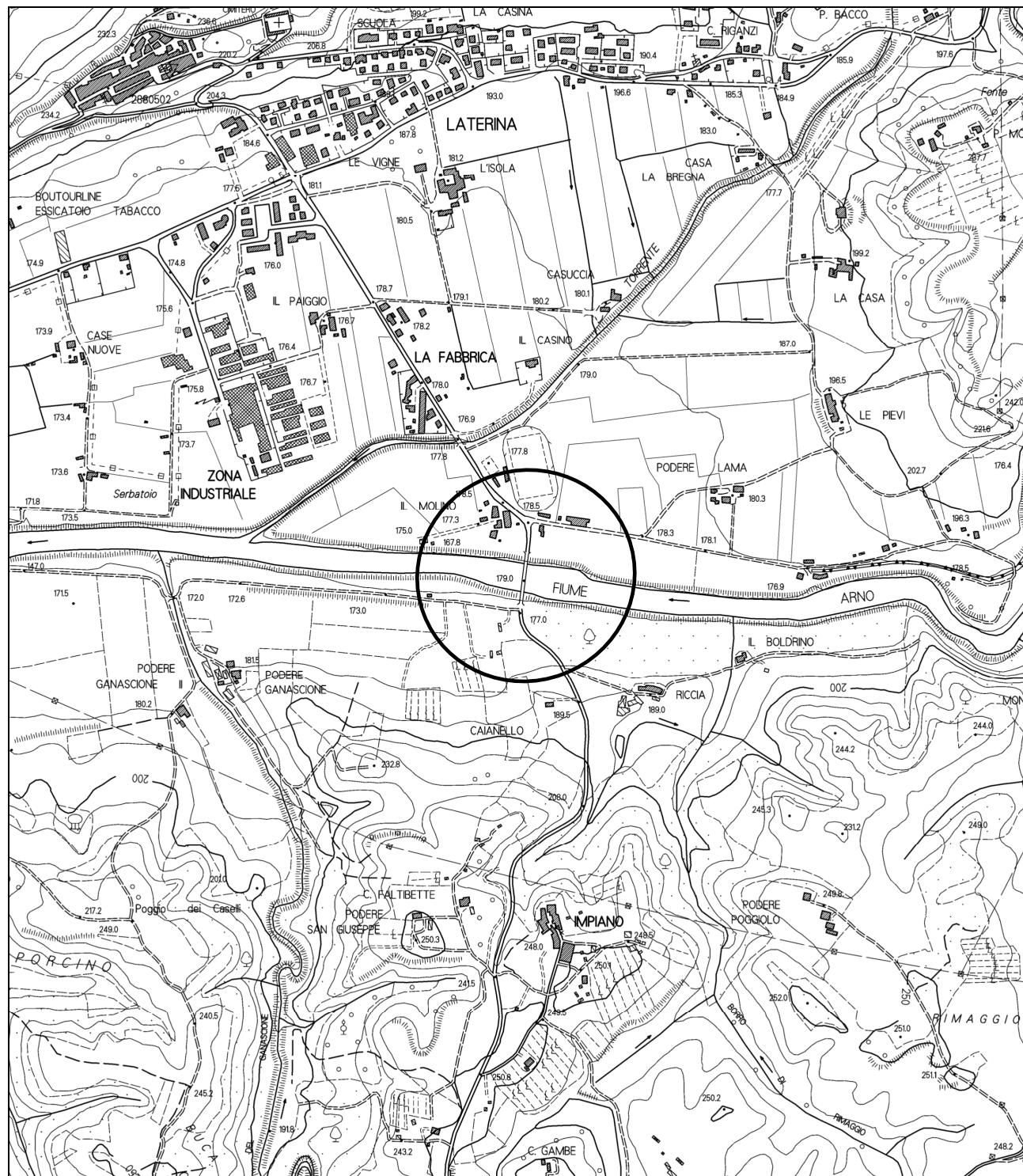
1. TECNA 2016
2. DOWN-HOLE
3. RIFRAZIONE
4. ANALISI CAMPIONI

## CARTA TECNICA REGIONALE

scala 1 : 10.000



area in esame



## PLANIMETRIA SONDAGGI

● Sondaggio a carotaggio      MW      MASW  
SR      Sismica a rifrazione      DH      Down-Hole



## SONDAGGIO a CAROTAGGIO n. 1

STRATIGRAFIA  
SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Riferimento: Ponte Catolfi Località: Laterina (AR) Impresa esecutrice: Gammageoservizi S.r.l. Coordinate: Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo										Sondaggio: S1 Quota: Data: 14/06/2016 Redattore:			
o mm	R v i s	A s	Pz m	metri m	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
													Riporto con ciottoli da centimetrici a decimetrici.
1.													
2.													
3.													
4.													
5.													
6.													
7.													
8.													
9.													
10.													
11.													
12.													
13.													
14.													
15.													
16.													
17.													
18.													
19.													
20.													
21.													
22.													
23.													
24.													
25.													
26.													
27.													
28.													
29.													
30.													
101.													

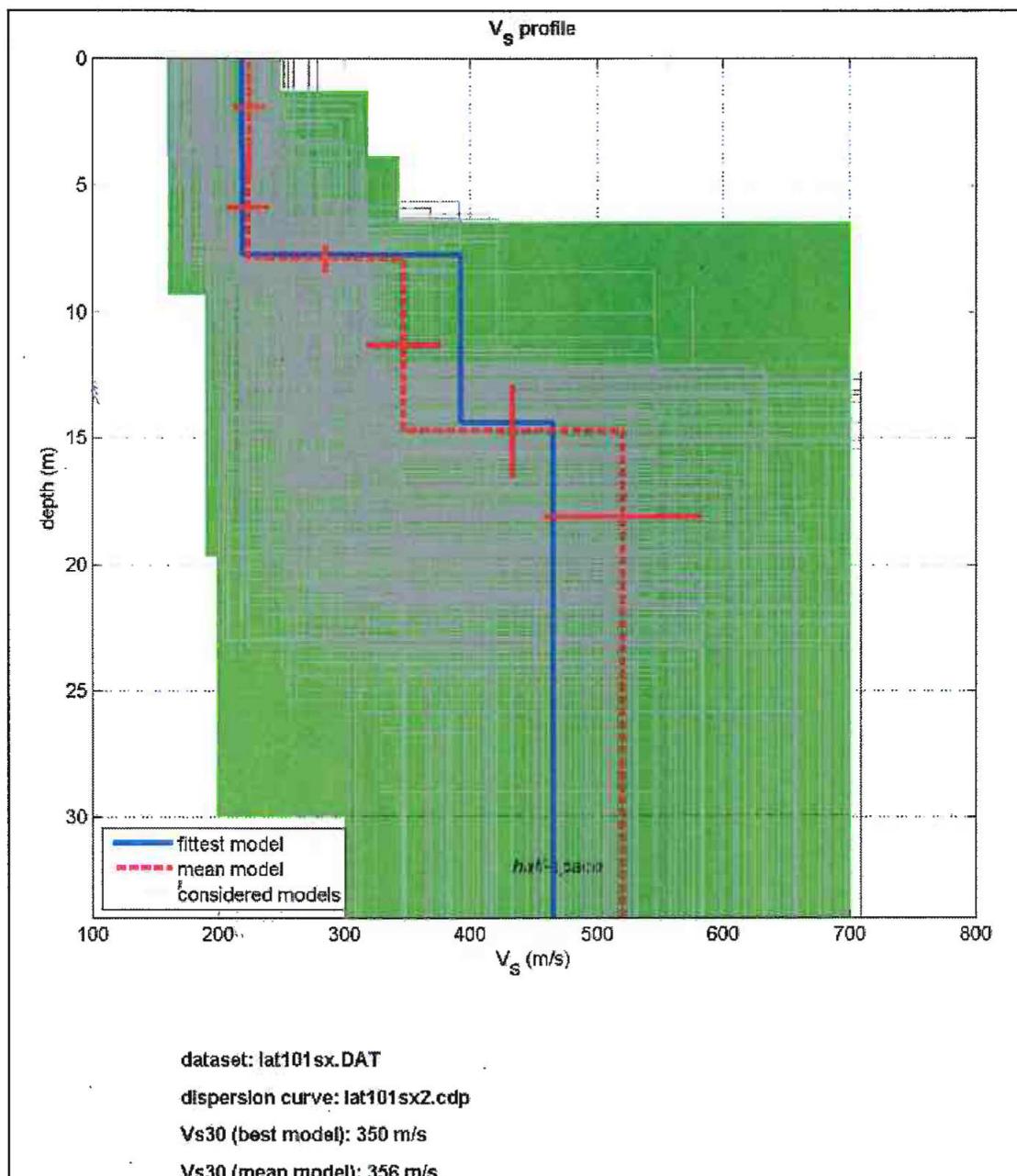
## SONDAGGIO a CAROTAGGIO n. 2

## **STRATIGRAFIA**

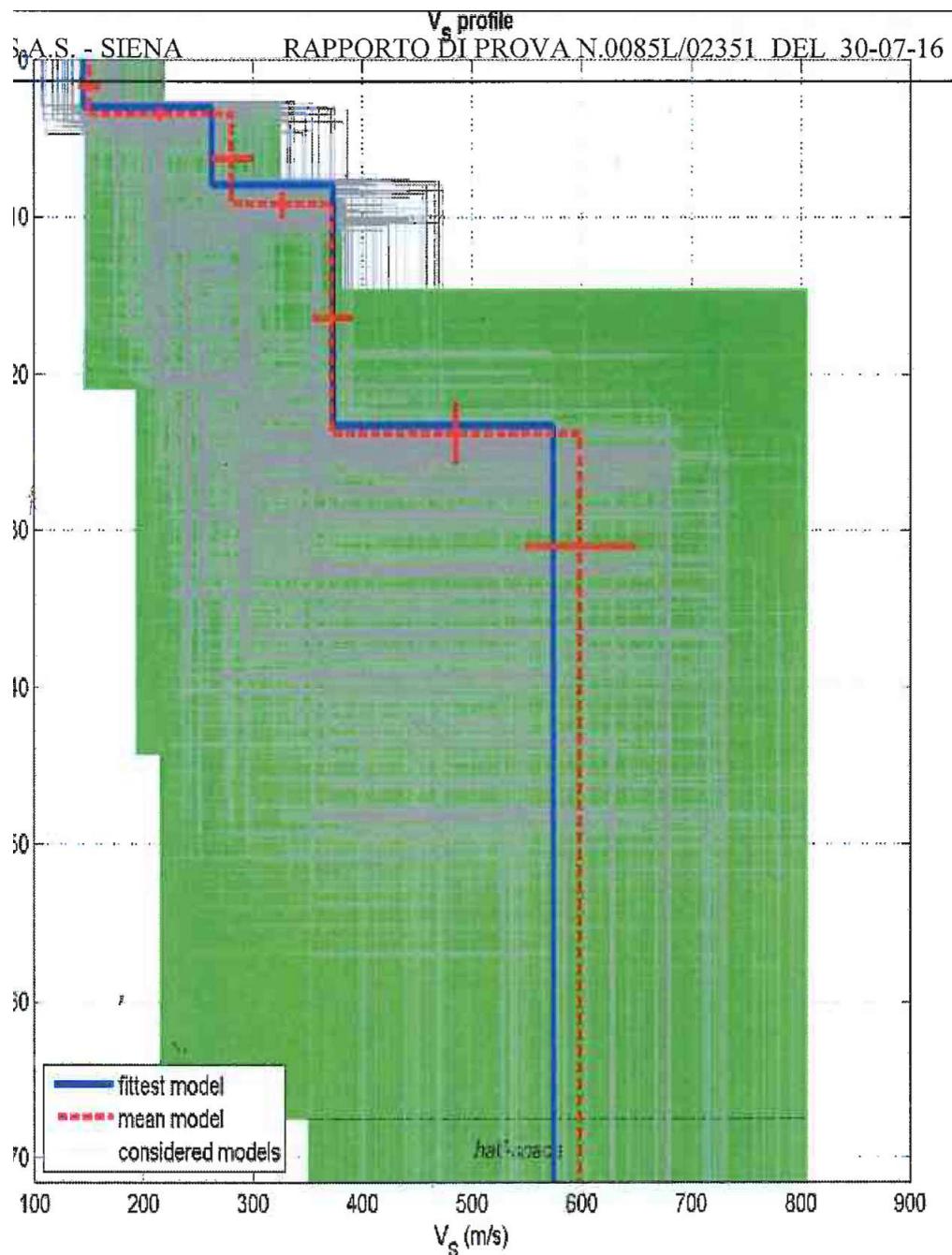
SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Pagina 1/1

## SONDAGGIO MASW n. 1



## SONDAGGIO MASW n. 2

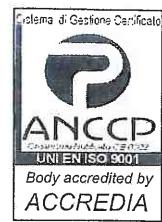


dataset: lat201sx.DAT

dispersion curve: lat201sx3.cdp

Vs30 (best model): 326 m/s

Vs30 (mean model): 323 m/s



Cliente 11050 COMUNE DI LATERINA

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

## **RAPPORTO DI PROVA N. 0085L/02351\* DEL 30-07-2016**

Riferimenti: V.A. del 29-07-16 n. 543/S

Nota del 22-06-16 n. C-09/88/S

### **CONTROLLO SU STRUTTURE**

Intestatario .....: **COMUNE DI LATERINA**  
Via Trento, 21 – 52020 LATERINA (AR)  
Cantiere .....: **PONTE CATOLFI** – Via Arno – Laterina (AR)  
Direttore dei Lavori ....: **Dott. Ing. MICHELE TITTON – ITS Engineering Company Treviso**  
Esperienze effettuate ...: Indagini geotecniche e controlli strutturali sul Ponte Catolfi al fine di acquisire il  
livello di conoscenza (LC2) dell'attuale situazione.  
CIG: ZE11973F0F

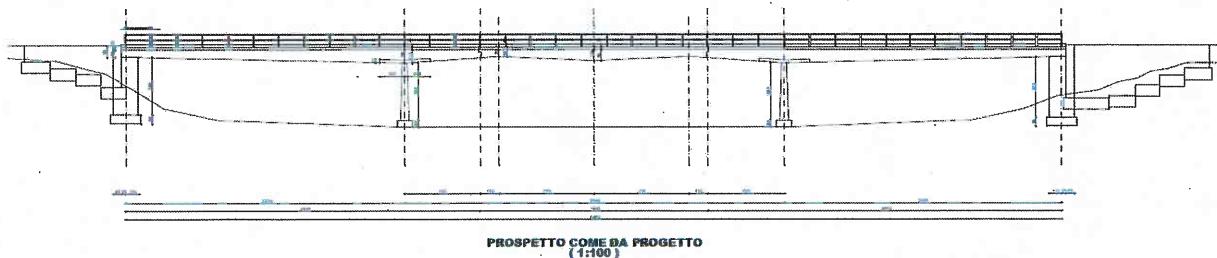
Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso GEOTEC 1972, ed è costituito da n. 34 pagine e n. 1 allegato.

### **R E L A Z I O N E**

#### **PREMESSA**

Nell'ambito dell'affidamento delle Indagini conoscitive finalizzate ad acquisire un livello di conoscenza, almeno LC2, della attuale situazione del Ponte Catolfi – Via Arno - Laterina, questo Laboratorio, in collaborazione con Gamma Geoservizi s.r.l. di Grosseto, ha eseguito sia una campagna di indagini geotecniche che una serie di controlli su le strutture del Ponte Catolfi.

#### *Prospetto Ponte*



Lo Sperimentatore  
(Tec. Coal. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernadino Chiantini)

## A. CAMPAGNA DI INDAGINI GEOTECNICHE

**A. 1** La campagna d'indagini, iniziata il 14-06-2016 e terminata il 20-06-2016, è stata costituita da n° 2 carotaggi, due stendimenti sismici tipo MASW e una preventiva campagna georadar per la ricerca dei sottoservizi.

## A. 2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGI E GEORADAR

Di seguito si riporta la documentazione fotografica del rilievo georadar, del piazzamento dei sondaggi e dei carotaggi nelle relative cassette catalogatrici.

GEORADAR per Sondaggio S1



Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

## GEORADAR per Sondaggio S2



## Sondaggio S1



Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

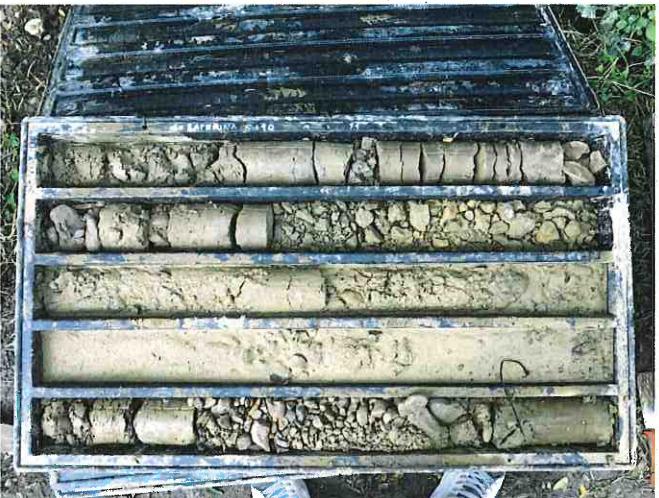
Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

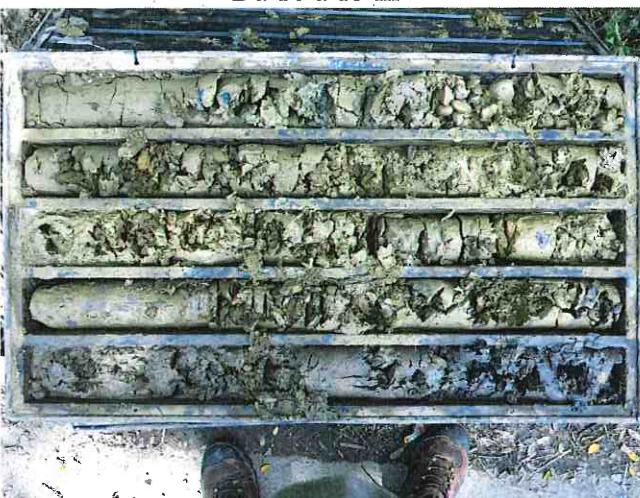
Da 0 a 5 m



Da 5 a 10 m



Da 10 a 15 m



Da 15 a 20 m



Da 20 a 25,00 m



Da 25 a 30,00 m



Lo Sperimentatore  
(Tesi, Coad. Daniele Baruzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

## Sondaggio S2



Da 0 a 5 m



Da 5 a 10 m



Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

Da 10 a 15 m



Da 15 a 20 m



Da 20 a 25,00 m



Da 25 a 30,00 m



### A. 3 SONDAGGI GEOGNOSTICI

#### *Strumentazione utilizzata\_Perforatrice idraulica Hydra Joy 2:*

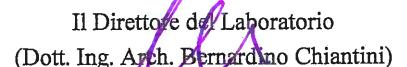
Motorizzazione Perkins da 60 HP con tiro e spinta pari a 3000 Kg e un ingombro di: lunghezza carro mt 3,60, larghezza di mt 1,60, altezza mt 2,80 e torre di mt 4,60.

Durante la campagna di indagini sono stati impiegati solo materiali accettati dalle norme che presiedono all'indagine ambientale.

#### A. 3.1 STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

Nella campagna di indagini condotta nell'area in oggetto, sono stati realizzati n°2 sondaggi ambientali a carotaggio continuo a secco con diametro mm 101.

  
Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

  
Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

La stratigrafia dei sondaggi e relativa descrizione, sono riportate nelle figure di cui sotto.

### STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 125

Pagina 1/1

Riferimento: Ponte Catolfi	Sondaggio: S1													
Località: Laterina (AR)	Quota:													
Impresa esecutrice: Gammageoservizi S.r.l.	Data: 14/06/2016													
Coordinate:	Redattore:													
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo														
o mm	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 -> 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 -> 100	prof m	DESCRIZIONE
mm	v	r	s	mt										
1.0														Riporto con ciottoli da centimetrici a decimetrici.
2.0														
3.0														
4.0														
5.0														
6.0														
7.0														
8.0														
9.0														
10.0														
11.0														
12.0														
13.0														
14.0														
15.0														
16.0														
17.0														
18.0														
19.0														
20.0														
21.0														
22.0														
23.0														
24.0														
25.0														
26.0														
27.0														
28.0														
29.0														
30.0														
10.1														
33-50/5cm														
3-3-4														
7														
13.5														
14.0														
15.0														
18.7														
21.0														
25.5														
27.0														
27.8														
29.3														
30.0														
42-50/3cm														
Rif														
Rif														

Figura 1: Stratigrafia S1

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

## STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Pagina 1/1

Figura 2: Stratigrafia S2

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

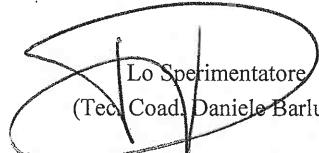
Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

#### A. 4 INDAGINE MASW PREMESSA

Sull'area sono state realizzate, oltre ai due sondaggi, due prospezioni sismiche, in prossimità delle spalle del ponte (vedi **Foto aerea**), dove sono stati acquisiti segnali per la definizione della Vs30 con metodologia MASW.



Foto aerea con ubicazione degli stendimenti

  
Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

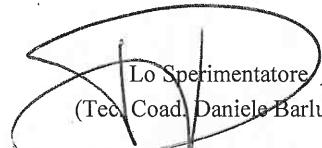
Di seguito si riportano le principali caratteristiche degli stendimenti:

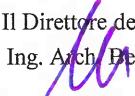
*MASW 1 per la caratterizzazione della Vs30*

- distanza intergeofonica di metri 1,0;
- n. geofoni = 24;
- n. acquisizioni per l'analisi Masw = 6;
- dataset scelto per l'analisi = lat101sx2bis;
- punto di energizzazione = metri 1,0 esterno al geofono n°1.



**Documentazione fotografica MASW 1**

  
Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

  
Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

*MASW 2 per la caratterizzazione della Vs30*

- distanza intergeofonica di metri 1,0;
- n. geofoni = 24;
- n. acquisizioni per l'analisi Masw = 6;
- dataset scelto per l'analisi = lat201sx3;
- punto di energizzazione = metri 1,0 esterno al geofono n°1.

**Documentazione fotografica MASW 2**

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

## A. 5. INDAGINE MASW

### A. 5.1 Introduzione

Sull'area di studio sono state realizzate due indagini sismiche con acquisizione in tecnica MASW, finalizzate alla stima della velocità di propagazione delle onde sismiche nei primi 30 m di suolo ( $V_s30$ ).

Nelle prospezioni eseguite sono stati realizzati due stendimenti a 24 geofoni da 4,5 Hz con distanza intergeofonica di 1 metro.

L'utilizzo di geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) serve a caratterizzare in profondità per evitare eccessivo abbattimento delle ampiezze.

E' particolarmente importante adottare una distanza intergeofonica piccola (come nel nostro caso) in modo da avere informazioni anche sulle porzioni di terreno più superficiali.

Sono state realizzate acquisizioni con punti di energizzazione posti a distanze diverse seguendo un criterio geometrico; le acquisizioni sono state realizzate sia sul lato sinistro degli stendimenti sismici (esterne al geofono 1) che sul lato destro (esterne al geofono 24) con tecnica stacking per sommare algebricamente i segnali ottenuti cercando di rendere in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore di fondo.

### A. 5.2 Cenni teorici sul metodo utilizzato

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), è una tecnica di indagine non invasiva, che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi geofoni (in questa prospezione sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, la cui velocità è strettamente correlata con la rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

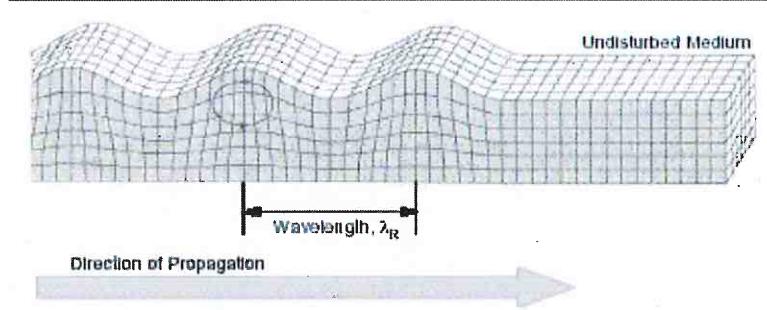


Fig. 1: onda di Rayleigh sulla superficie libera di un semispazio omogeneo

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

Le onde di Rayleigh sono delle onde di superficie che si propagano sulla superficie libera di un mezzo isotropo ed omogeneo, generate dall'interferenza tra le onde di compressione (onde P) e le onde di taglio (onde Sv).

In un mezzo stratificato tali onde sono di tipo guidato e dispersivo e sono definite pseudo-Rayleigh: in questa sede, per questioni di semplicità si parlerà dunque di Onde di Rayleigh.

In un mezzo stratificato come accennato, le onde di Rayleigh sono di tipo dispersivo, vale a dire che con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La natura dispersiva delle onde superficiali implica che onde ad alta frequenza, quindi con lunghezza d'onda ridotta, si propagano negli strati più superficiali e danno di conseguenza informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo; viceversa onde con bassa frequenza, si propagano in strati a maggior profondità di cui forniranno le relative informazioni sulle velocità di propagazione a tali profondità.

Il metodo MASW può essere distinto in attivo e passivo, nel primo caso le onde sono generate artificialmente da una sorgente in un punto della superficie del suolo caratterizzando la parte più superficiale del sottosuolo; nel secondo caso vengono misurati i rumori di fondo presenti (questa metodologia si adotta quando è d'interesse caratterizzare il sottosuolo a profondità d'investigazione maggiori di 50 metri).

Nel corso di questa indagine è stato adottato il metodo attivo che solitamente permette la caratterizzazione dei primi 35-50 metri di sottosuolo. Il metodo attivo consente in genere di ottenere una velocità di fase sperimentale (detta anche curva di dispersione), compresa tra i 5 ed i 70 Hz, permettendo di caratterizzare la parte più superficiale del terreno.

L'elaborazione dei dati è stata implementata attraverso l'ausilio del programma **winMASW 6.0**. Il metodo d'interpretazione si sviluppa in due fasi:

- Determinazione dello spettro di velocità sul quale deve essere individuata la curva di dispersione;
- Inversione della curva di dispersione individuata attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

#### A. 5.3 Analisi e risultati conseguiti MASW 1

*Fase 1 - Determinazione dello spettro di velocità sul quale deve essere individuata la curva di dispersione;*

In prima analisi sono stati studiati tutti i dataset di campagna per verificare la qualità delle tracce e dello spettro risultante. Dopo questa prima fase di "scrematura", la scelta è ricaduta sul dataset **lat1sx2bis** che ha consentito un'analisi sufficientemente esaustiva del dato.

dataset: lat101 sx.DAT  
sampling: 0.25 ms  
minimum offset: 1 m  
geophone spacing: 1 m

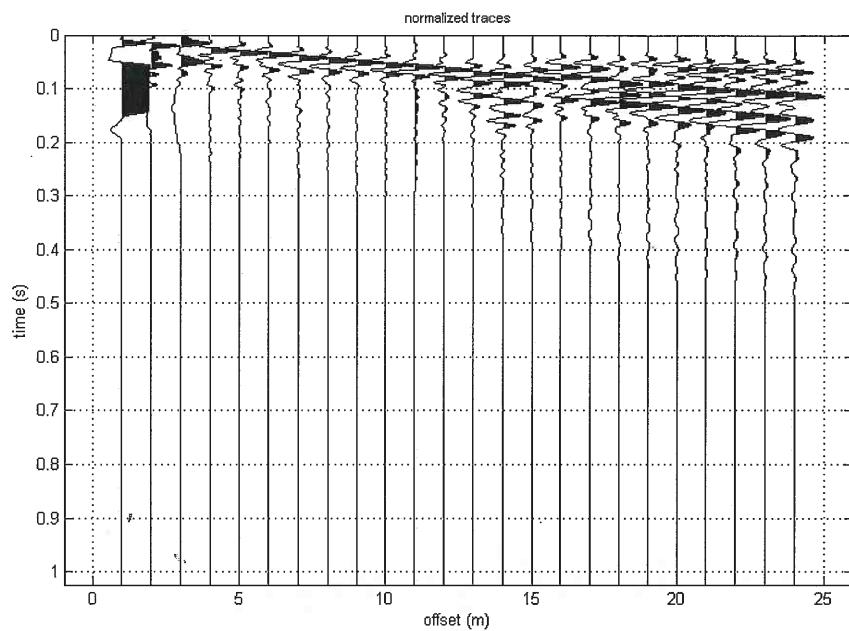


Figura 2: Tracce del segnale acquisito

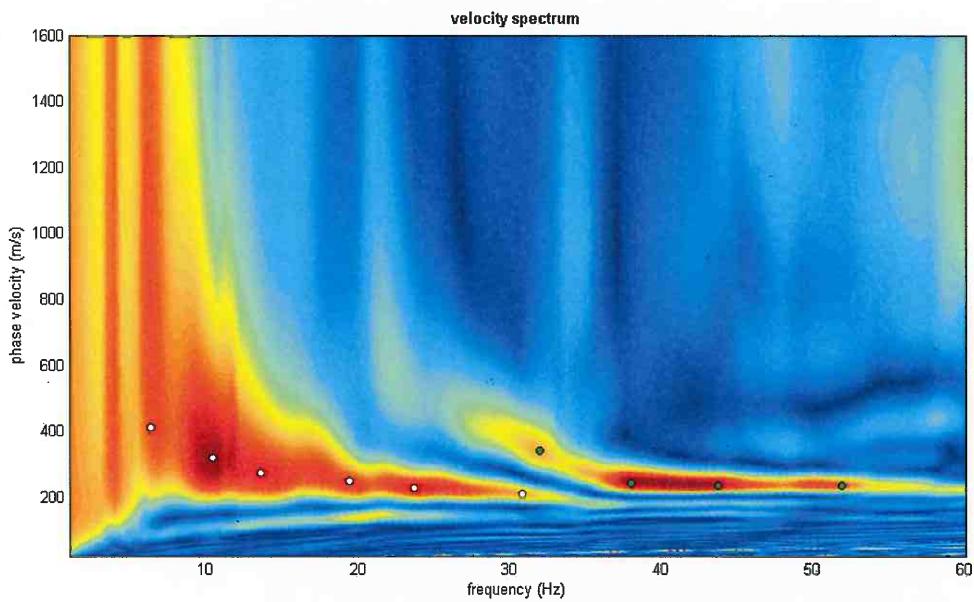


Figura 3: Fase di picking dello spettro di coerenza

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

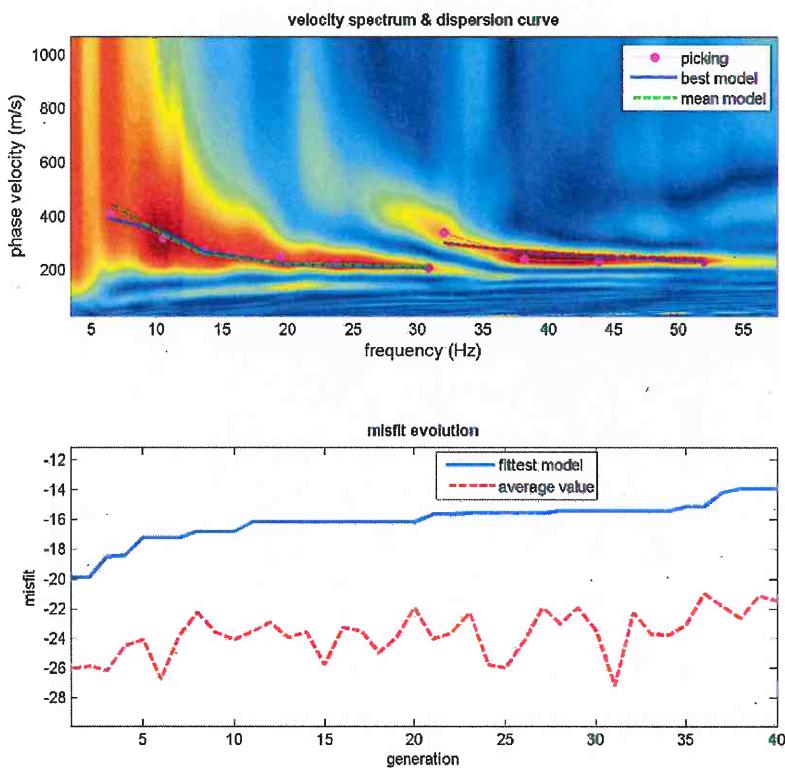
*Fase 2 - Inversione delle curva di dispersione individuata attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.*

Una volta definita la curva si è proceduto alla fase di inversione settando i parametri richiesti dal software per lo sviluppo dei modelli attraverso gli algoritmi genetici.

A questo punto, la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa delicata fase di interpretazione è comunemente detta **fase di inversione**.

Al termine delle operazioni di calcolo descritte, si ottiene un modello del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs nei primi 30 metri di sottosuolo.

Di seguito si riporta l'output delle varie fasi di interpretazione dei dati di campagna, utilizzando il software **winMASW 6.0**.



*Figura 4: Output del software WinMasw*

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

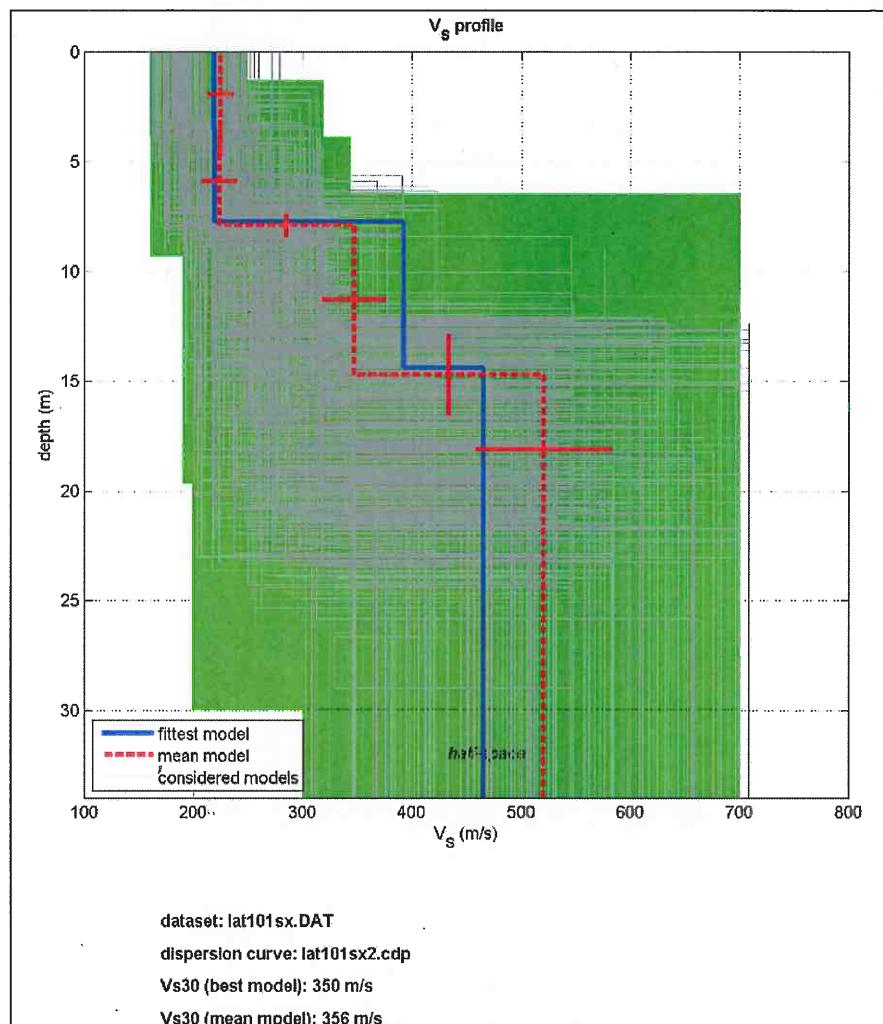


Figura 5: Output del software WinMasw

Vs (m/s): 225 224 347 520

Standard deviations (m/s): 12 16 29 62

Thickness (m): 3.9 4.0 6.8

Standard deviations (m/s): 0.8 0.5 1.8

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.97 2.08 2.10 2.13

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 100 104 253 577

Poisson: 0.45 0.48 0.46 0.42

Vs 30 ricavata dalla MASW	velocità media	categoria suolo
	356 m/sec	C

Lo Sperimentatore  
 (Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

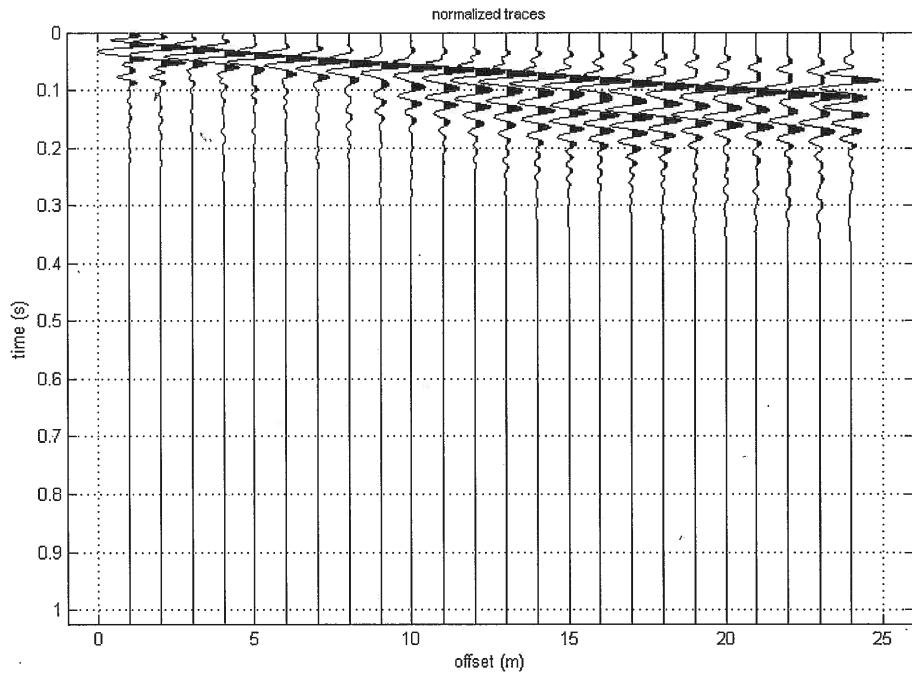
Il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

#### A. 5.4 Analisi e risultati conseguiti MASW 2

*Fase 1 - Determinazione dello spettro di velocità sul quale deve essere individuata la curva di dispersione;*

In prima analisi sono stati studiati tutti i dataset di campagna per verificare la qualità delle tracce e dello spettro risultante. Dopo questa prima fase di “scrematura”, la scelta è ricaduta sul dataset **lat201sx3** che ha consentito un’analisi sufficientemente esaustiva del dato.

dataset: lat201sx.DAT  
sampling: 0.25 ms  
minimum offset: 1 m  
geophone spacing: 1 m



*Figura 6: Tracce del segnale acquisito*

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

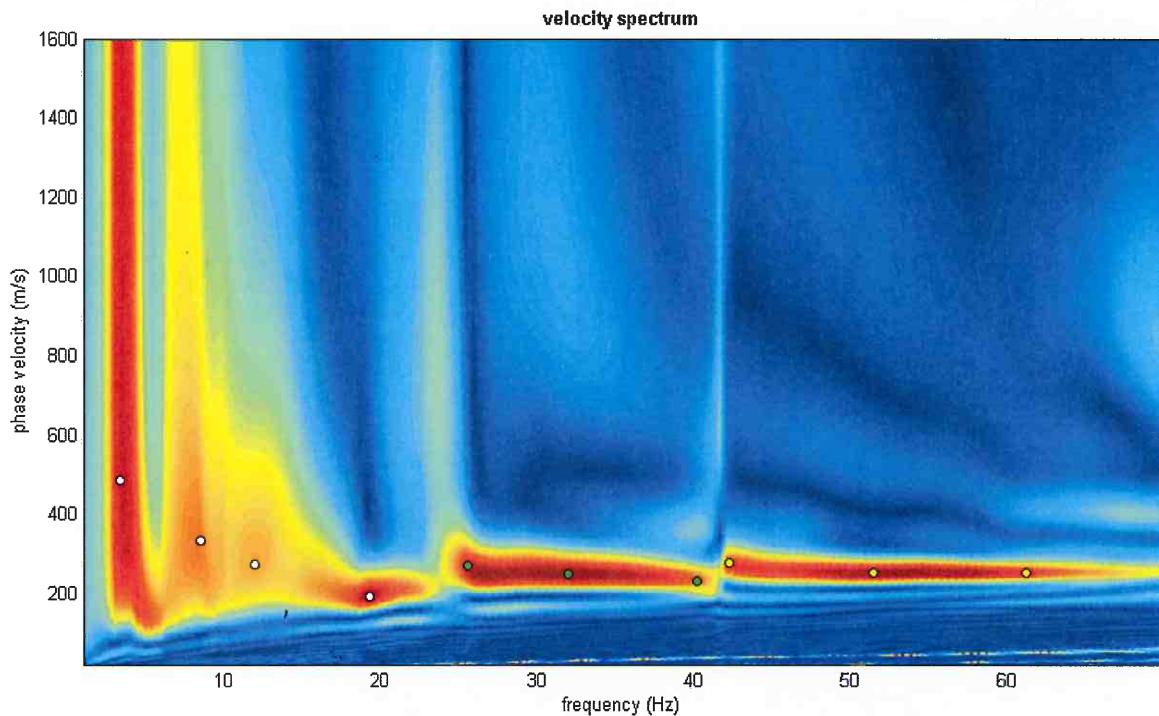


Figura 7: Fase di picking dello spettro di coerenza

#### Fase 2 - Inversione delle curva di dispersione individuata attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Una volta definita la curva si è proceduto alla fase di inversione settando i parametri richiesti dal software per lo sviluppo dei modelli attraverso gli algoritmi genetici.

A questo punto, la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa delicata fase di interpretazione è comunemente detta **fase di inversione**.

Al termine delle operazioni di calcolo descritte, si ottiene un modello del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  nei primi 30 metri di sottosuolo.

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580510 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

Di seguito si riporta l'output delle varie fasi di interpretazione dei dati di campagna, utilizzando il software **winMASW 6.0**.

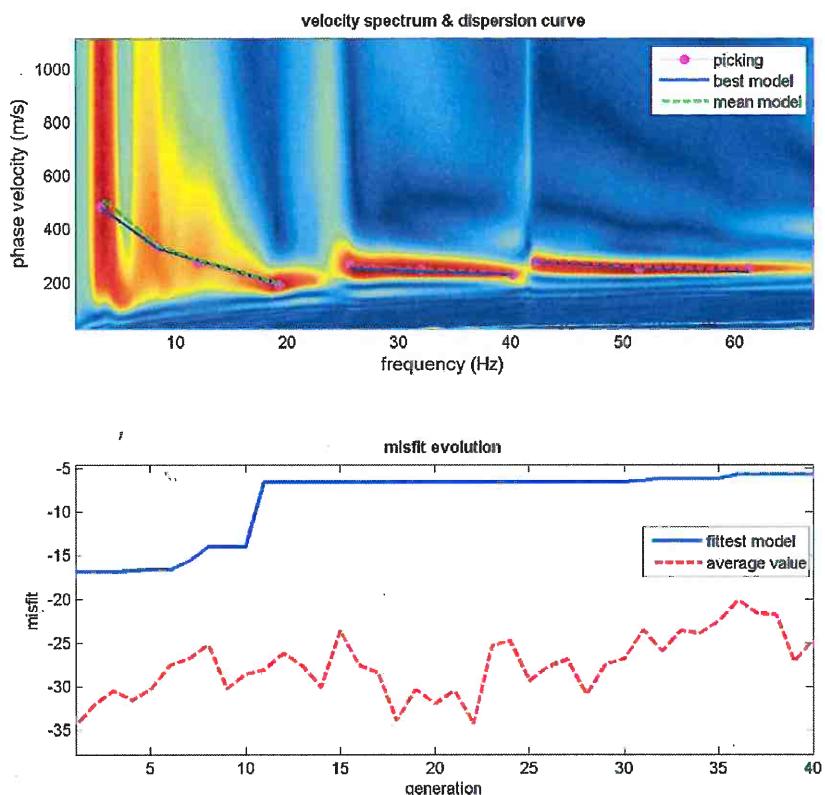
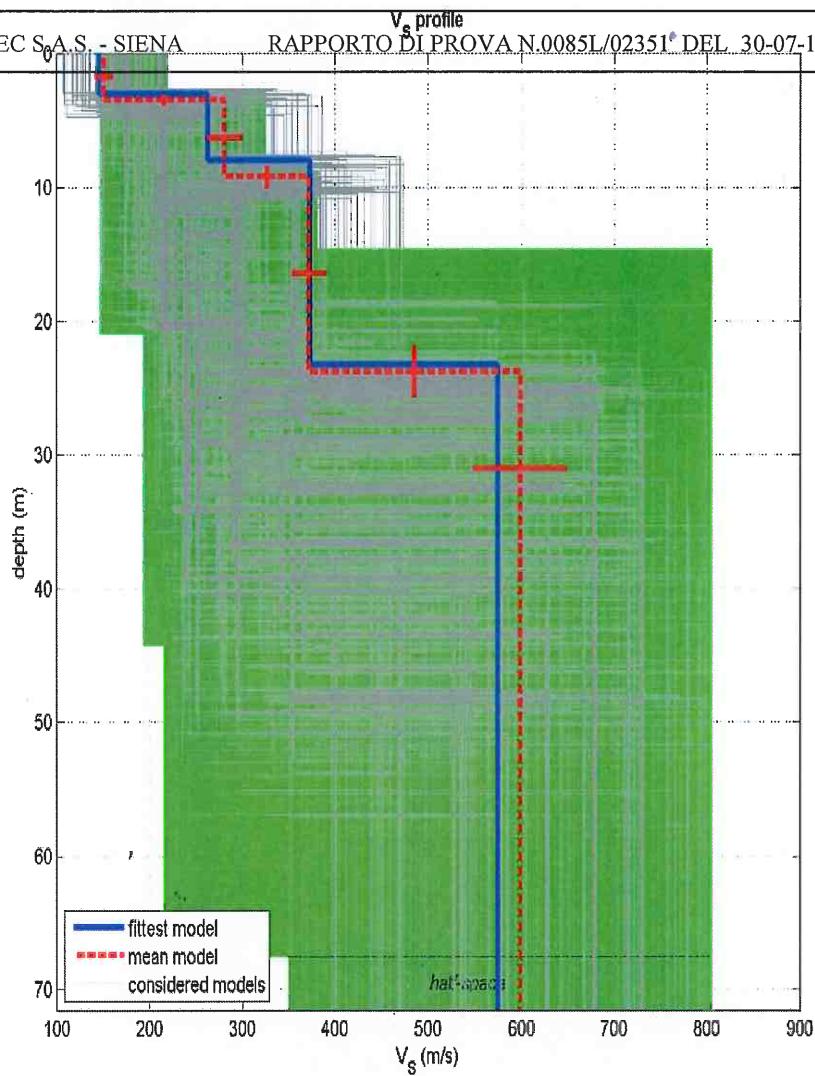


Figura 8: Output del software WinMasw

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)



dataset: lat201sx.DAT  
 dispersion curve: lat201sx3.cdp  
 Vs30 (best model): 326 m/s  
 Vs30 (mean model): 323 m/s

Figura 9: Output del software WinMasw

$V_s$  (m/s): 151 281 373 599

Standard deviations (m/s): 10 19 18 51

Thickness (m): 3.5 5.7 14.6

Standard deviations (m/s): 0.4 0.8 1.9

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.95 1.92 2.04 2.20

Poisson: 0.47 0.34 0.40 0.44

$V_s$ 30 ricavata dalla MASW	velocità media	categoria suolo
	323 m/sec	C

Lo Sperimentatore  
 (Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.p.A.

Il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

Dalla normativa:

*A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

*B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).*

*C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).*

*D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).*

*E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).*

S1: Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2: Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti

*Il metodo MASW fornisce valori attendibili per la stima della velocità media della Vs<sub>30</sub> nel sottosuolo, mentre il modello stratigrafico ottenuto con questa tecnica deve essere considerato puramente indicativo e comunque da confermare con ulteriori informazioni stratigrafiche derivanti da conoscenze certe o da ulteriori indagini in situ.*

*Si consiglia al professionista "una valutazione ragionata" della categoria di sottosuolo eventualmente integrando il dato monodimensionale ottenuto con la MASW con i risultati di indagini eseguite nello stesso contesto come prove penetrometriche, stratigrafie di pozzi o sondaggi, prospezioni sismiche a rifrazione, misure di rumore sismico ecc.*

*Ricordiamo che la metodologia tende a sovrastimare leggermente il dato della Vs<sub>30</sub> e che la definizione esatta della categoria di suolo resta di competenza del tecnico.*

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)  
Partita I.V.A. 00523580580

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

**B. CONTROLLI SU LE STRUTTURE IN C.A.**

**B - 1** Dalle strutture in c.a. sono state prelevate mediante carotaggi Ø100 mm n° 6 carote per prove di rottura a compressione e per prove di carbonatazione e sono stati eseguiti n° 3 prelievi di barre di acciaio, oltre alla determinazione del pacchetto massicciata stradale – pavimentazione in conglomerato bituminoso ed alla ispezione endoscopica per lo stato di conservazione del calcestruzzo all'interno del cassone, i cui particolari di riferimento sono riportati nel Prospetto del Ponte Catolfi (Allegato A).



Foto n° 1-A



Foto n° 1-B

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

**B - 2 CAROTE Prelievo e Prove**

Mediante carotaggio con corona diamantata ad acqua del diametro Ø100, sono state prelevate in data 23-06-2016 n° 3 carote dalla soletta del Ponte, contraddistinte C1, C2 e C3, in corrispondenza, a partire dal lato sinistro, delle progressive 12,15 m (circa 8° montante del parapetto) 26,40 m (circa 17° montante) e 50,90 m (circa 33° montante).

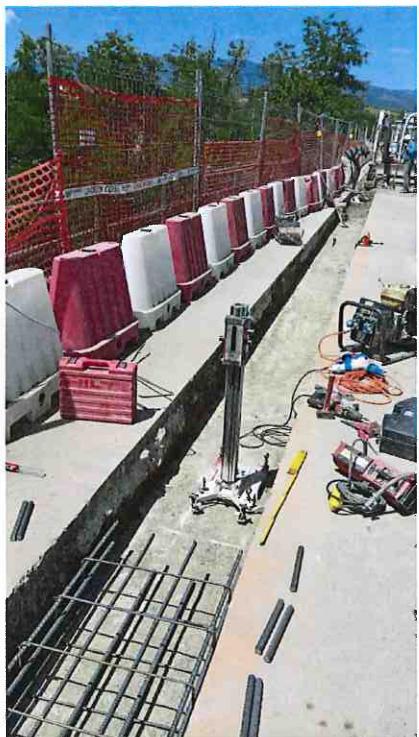


Foto n° 2 - C1



Foto n° 3 - C1

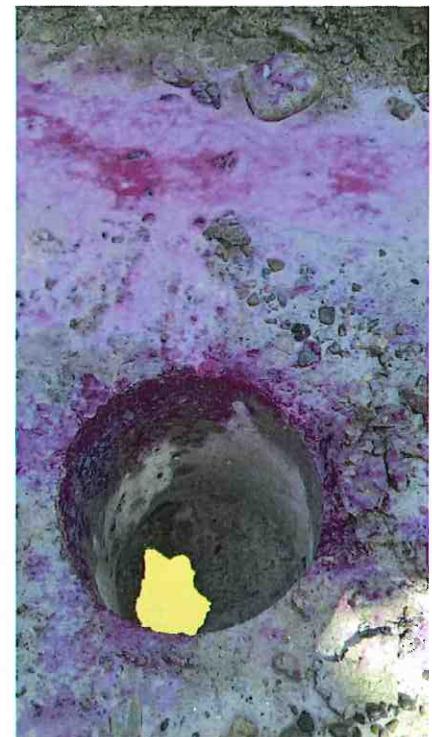


Foto n° 4 - C2

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)



Foto n° 5 - C2

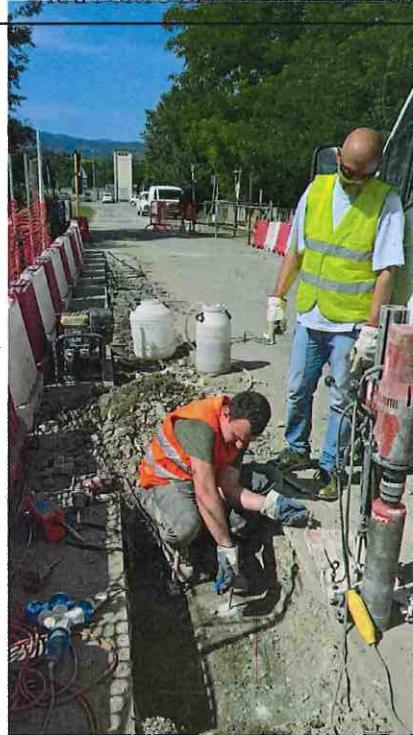


Foto n° 6 - C3

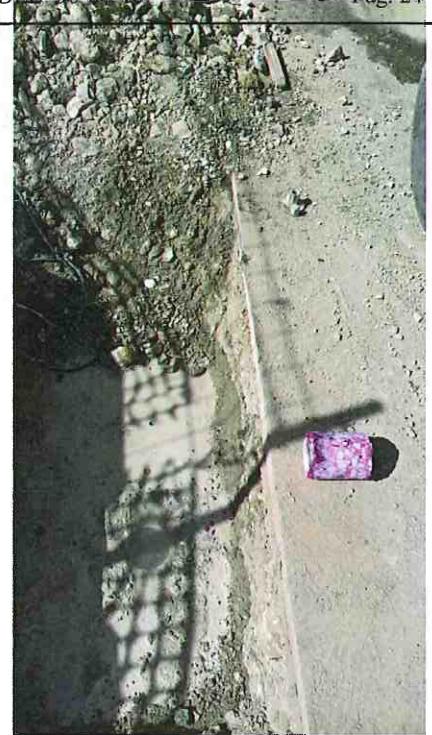


Foto n° 7 - C3



Foto n° 8

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

Successivamente, sul lato monte del Ponte, sono state prelevate con l'ausilio di autocarro con cestello, n° 3 carote, di cui una dalla spalla destra (C6,) una dalla trave-pila sinistra (C4) ed una dal piede della pila sinistra (C5): tutti i fori eseguiti con carotatrice sono stati ripristinati con apposita malta antiritiro.

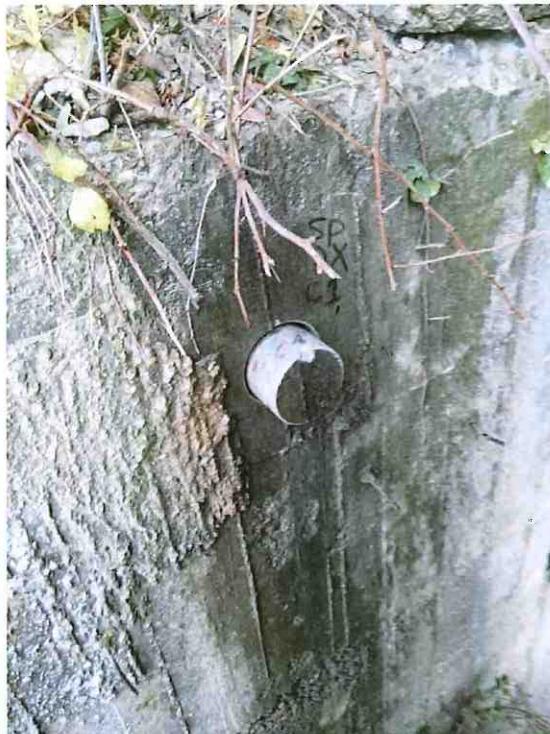


Foto n° 9 - C6



Foto n° 10 - C4

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. *Bernardino Chiantini*)



Foto n° 11 - C5

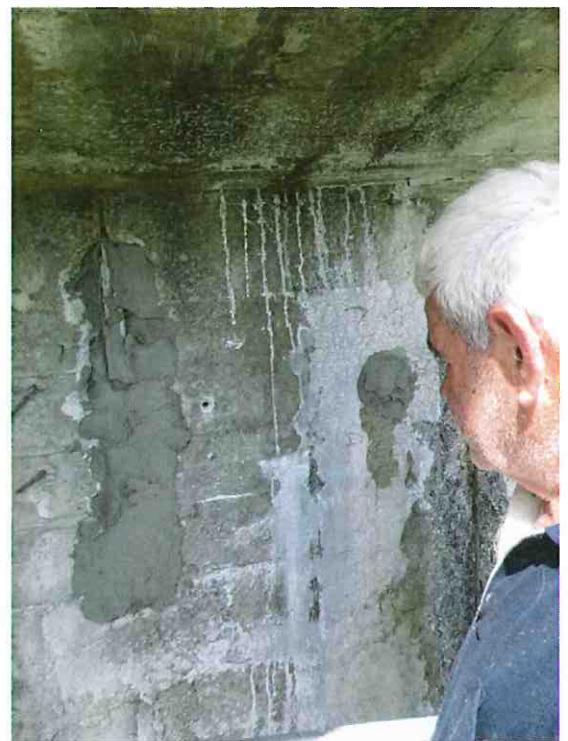


Foto n° 12 - Ripristini

Dalle suddette carote, portate in Laboratorio, sono stati ricavati mediante sega a disco diamantato provini cilindrici di altezza uguale al diametro, avendo cura di togliere la parte su cui eseguire la prova di carbonatazione (parte superiore per le carote eseguite sulla soletta del ponte e parte esterna per le carote prelevate dalla spalla e dalle pile).



Foto n° 13 C1



Foto n° 14 C2

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)



Foto n° 15 C3

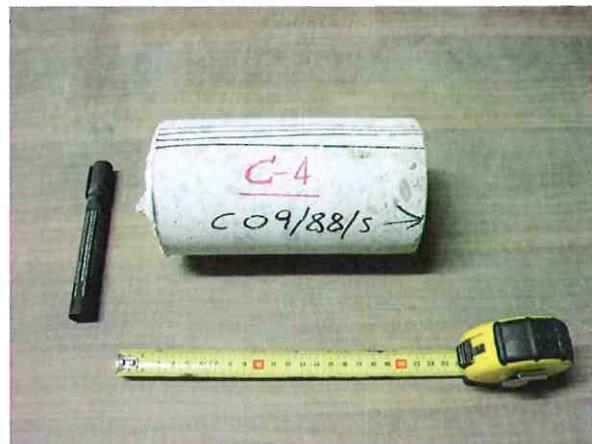


Foto n° 16 C4



Foto n° 17 C5



Foto n° 18 C6



Foto n° 19

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

I suddetti provini, preventivamente rettificati con disco diamantato, sono stati sottoposti a rottura per compressione a norma UNI EN 12390-1 e 3, i cui risultati sono riportati nel prospetto che segue:

Attrezzatura di prova : Pressa PM 300 e Pressa Lonus Test

Provino n°	Sigla	Dimensioni mm	Massa volumica kg/m <sup>3</sup>	Area compressa mm <sup>2</sup>	ROTTURA A COMPRESSIONE			D A T A	
					Tipo	RESISTENZA N/mm <sup>2</sup>	CARICO kN	della confezione	della Prova
1	C1	* 99 ø x 99	2158	7694	S	36,8	272,4,0	**	29/07/2016
2	C2	* 99 ø x 99	2123	7694	S	20,7	153,6	**	29/07/2016
3	C3	* 99 ø x 97	2455	7538	S	44,1	326,3	**	29/07/2016
4	C4	* 99 ø x 98	2206	7694	S	19,2	145,8	**	29/07/2016
5	C5	* 99 ø x 99	2253	7616	S	23,17	171,4	**	29/07/2016
6	C6	* 99 ø x 99	2298	7694	S	36,6	271,1	**	29/07/2016

1 kgf = 9,81 N (Newton)

\* rettifica con mola

Rottura = S - Soddisfacente

NS - Non soddisfacente

Note: Correlazione tra resistenza cubica ( $R_{ck}$ ) e resistenza caratteristica cilindrica ( $f_{ck}$ ):

$R_{ck} = f_{ck}$  per provini cilindrici (100 ≤ D ≤ 150 mm) con lunghezza uguale al diametro (L = D)

(Punto 11.2.10.1 del D.M. 14-01-2008 e punto C11.2.6 della Circolare 02-02-2009 n° 617/C.S.LL.PP)

\*\* Campioni per i quali non è stata fornita la data di riferimento del getto.



Foto n° 20



Foto n° 21

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

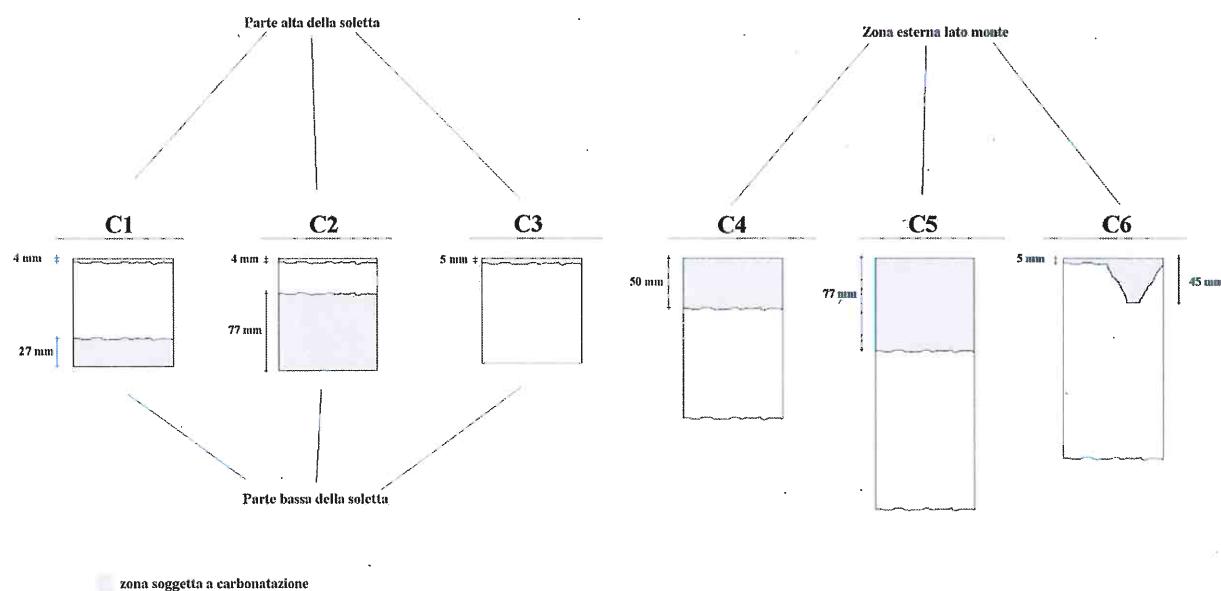
Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

### B - 3 PROVE DI CARBONATAZIONE

Le prove di carbonatazione, condotte secondo UNI 9944 e s.m.i. sono state eseguite su le parti superiori delle carote C1, C2, C3 e su le parte esterne delle carote C4, C5, C6 mediante ricavo di provini cilindrici, successivamente ridotti a coppie di semicilindri con prova di trazione indiretta-brasiliana (UNI 6135 e s.m.i.), le cui superfici piane sono state irrorate mediante nebulizzatore con una soluzione alcolica di fenolftaleina.

Quest'ultima vira al rosso-viola al contatto con materiale il cui pH sia maggiore di 9 e rimane incolore per valori di pH inferiori. hanno fornito i risultati riportati nel prospetto che segue:

Le misure condotte sui campioni dall'esterno verso l'interno hanno fornito le misure di seguito riportate:



Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)



Foto n° 22 C6



Foto n° 23 C6



Foto n° 24 C2



Foto n° 25 C3

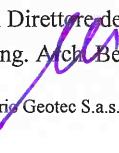


Foto n° 26 C5



Foto n° 27 C5

  
Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

  
Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

**B - 4 BARRE DI ACCIAIO - Prelievo e Prove**

Previa demolizione del calcestruzzo sovrastante, ad ogni barra da prelevare, sono state affiancate n° 2 barre di diametro simile della lunghezza di 80 cm, con saldatura alle estremità della esistente per 10 cm.



Foto n° 28 F1



Foto n° 29 F2



Foto n° 30 F3

Mediante taglio con flessibile sono state prelevate n° 3 barre di acciaio dalla trave-spalla sinistra F1, dalla trave-pila destra F2 e dal piede della medesima pila destra F3.

Successivamente si è proceduto al ripristino dei punti demoliti impiegando apposita malta antiritiro.



Foto n° 31

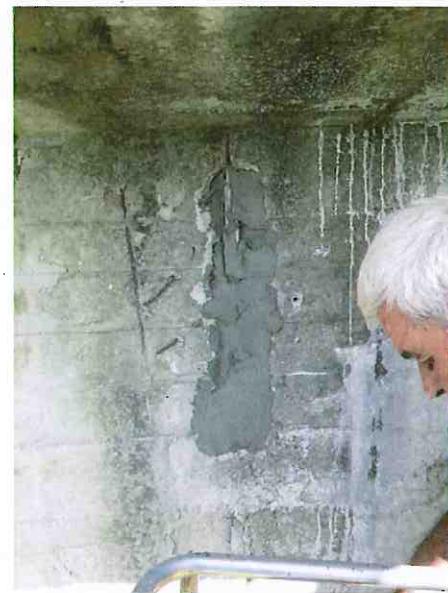
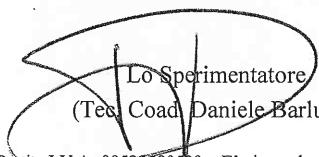
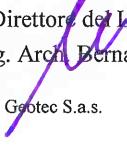


Foto n° 32


  
 Lo Sperimentatore  
 (Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.


  
 Il Direttore del Laboratorio  
 (Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

Le suddette barre, portate in Laboratorio, sono state preventivamente misurate e successivamente sottoposte a prove di trazione, i cui risultati sono riportati nel prospetto che segue:

Attrezzatura di prova : Macchina universale Galdabini PM60

N°	Dimensioni nominali	Sezione effettiva	TRAZIONE				Allungamento su 5 diametri	Marchio di identificazione e/o sigla
			SNERVAMENTO		ROTTURA			
	Diam. $\phi_n$ mm	$A_e$ mm <sup>2</sup>	Tensione fy N/mm <sup>2</sup>	Carico $F_{eff}$ kN	Tensione ft N/mm <sup>2</sup>	Carico $F_m$ kN		
1	8	53,16	<b>601,7</b>	30,27	<b>693,0</b>	34,86	8,3	*** - F1
2	8	50,16	<b>373,3</b>	18,78	<b>497,80</b>	25,04	10,2	*** - F2
3	10	81,45	<b>313,3</b>	24,60	<b>438,80</b>	34,45	13,2	*** - F3

\*\*\* Campione sprovvisto di marchio identificativo



Foto n° 33 F1

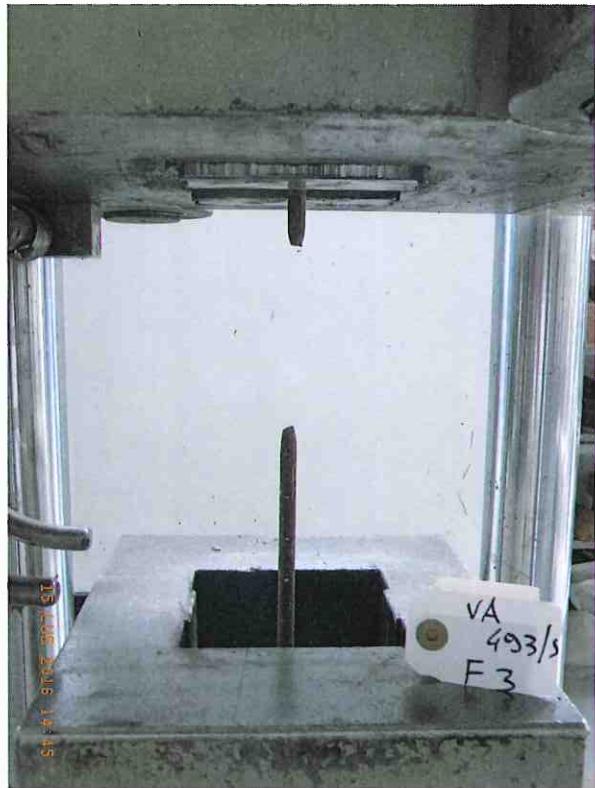


Foto n° 34 F3

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coadi Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

### B - 5 ISPEZIONE ENDOSCOPICA

L'ispezione endoscopica ha interessato il cassone mediante carotaggio in corrispondenza della progressiva 12,90 m ed è stato rilevato lo spessore della soletta in calcestruzzo (17 cm) ed il vuoto cassone fino alla soletta sottostante (99-100 cm).



Foto n° 35



Foto n° 36

L'ispezione è stata svolta con endoscopio MIGS V.03 con videocamera ad alta definizione.

Il cassone sottostante la soletta risulta essere aperto da un lato e ricoperto da ghiaccio e guano di uccelli. Le strutture laterali in calcestruzzo appaiono in buone condizioni e non si riscontrano armature a vista con presenza di ruggine; a fianco si riporta una foto del fondo del cassone.



### B - 6 PACCHETTO Massicciata Stradale - Conglomerato Bituminoso

In corrispondenza delle due progressive - 12,90 e 26,40 - sono state determinate le dimensioni dei pacchetti di massicciata stradale - pavimentazione in conglomerato bituminoso soprastanti la soletta in

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

c.a. del Ponte Catolfi, rispettivamente:

1. Spessori del conglomerato bituminoso: 10 cm e 10 cm  
2. Spessori della massicciata stradale: 19 cm e 20 cm



Foto n° 37 Progressiva 12,90m



Foto n° 38 Progressiva 26,40m

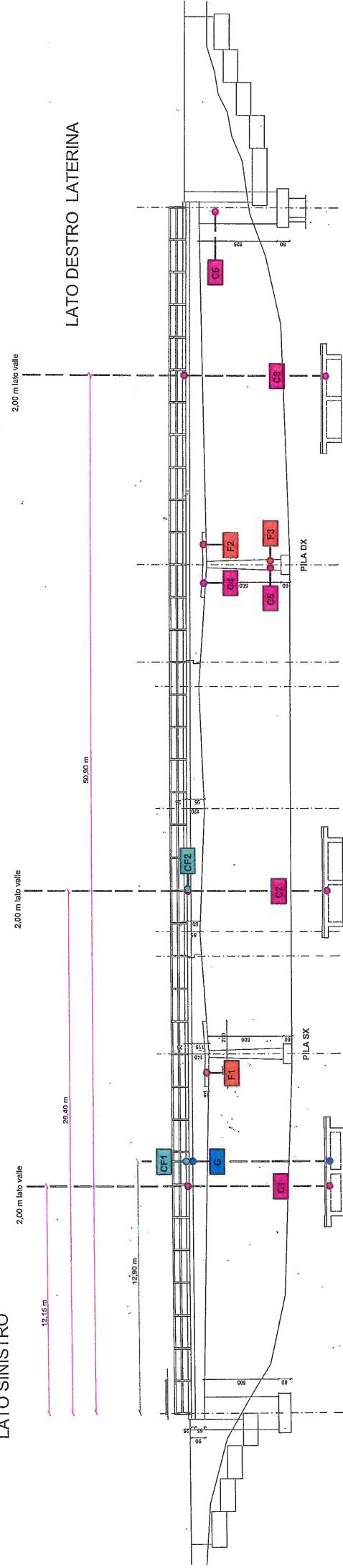
Le prove sono state eseguiti dai Tecnici incaricati dal Laboratorio, Tecnico Coad. Raul Piccinni, Tecnico Coad Daniele Barluzzi, Perito Edile Riccardo Ricci, Perito Industriale Meccanico Federico Tozzi e Dott. Geol. Marco Anselmi, alla presenza del Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini - Titolare del Laboratorio Geotec s.a.s.

Lo Sperimentatore  
(Tec. Coad. Daniele Barluzzi)

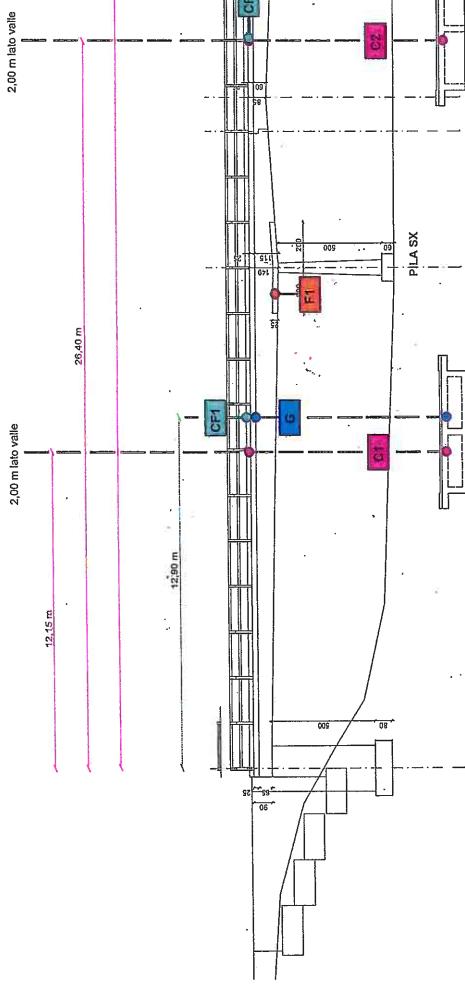
Partita I.V.A. 00523580520 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geotec S.a.s.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini)

## PONTE CATOLFI PROSPETTO



LATOSINISTRO



## TIPOLOGIA INDAGINI PROVE E PRELIEVI:

- PRELIEVO CAROTE IN CLS
  - PRELIEVO BARRE D'ACCIAIO
  - VERIFICA ENDOSCOPICA
  - PACCHETTI STRADALI

Lo Sperimentatore  
(Tecno Coda Daniela Barluzzi)

Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Arch. Bonadino Chiantini)  
del Laboratorio Geofisico S.p.A.

Partita IVA 0053358020 E' vietata la riproduzione anche parziale di questo documento senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio Geofac S.p.A.

**INDAGINE DI SISMICA IN FORO  
TIPO DOWN HOLE CON ONDE P ED SH**

**Committente: Tecna s.n.c.**

**Referente Tecnico: I.T.S. Engineering**

**Ubicazione: ponte Catolfi**

**Comune di Laterina (Ar)**

**RELAZIONE GENERALE**

**29/09/2017**

## PREMESSA

In data 27/09/2017 su incarico della Tecna s.n.c., è stata eseguita una indagine geofisica di sismica in foro mediante il metodo down-hole.

La prova è stata eseguita presso il ponte Catolfi (attraversamento del Fiume Arno) nel Comune di Laterina (si veda foto aerea in basso).

Il foro utilizzato, è risultato accessibile fino alla profondità di -42 m. dal piano campagna.

Di seguito vengono esposte le basi teoriche della metodologia adottata, i risultati ottenuti e le seguenti informazioni e documenti:

- sismogrammi integrali in onde P ed SH ricavati dalle singole acquisizioni;
- tabelle dei tempi di arrivo misurati e corretti delle onde P e delle onde SH;
- tavola delle dromocrone relative ai tempi di arrivo corretti;
- diagramma delle velocità intervallari onde P e onde SH / profondità;
- diagramma del coefficiente di Poisson calcolato dalle velocità riscontrate;
- diagramma dell'andamento della  $Vs_{30}$  in funzione del piano di posa delle fondazioni;
- tabella riepilogativa dati down-hole.



**Ubicazione Indagine**

## **PRINCIPI TEORICI DELLE TECNICHE ADOTTATE**

### **INDAGINE SISMICA IN FORO – DOWN HOLE**

Le prove sismiche in foro di tipo down-hole vengono realizzate in fori di sondaggio appositamente attrezzati con tubi in PVC cementati all'esterno, con l'uso di geofoni da foro di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione (P) ed orizzontali per onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH), mediante una sorgente meccanica e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

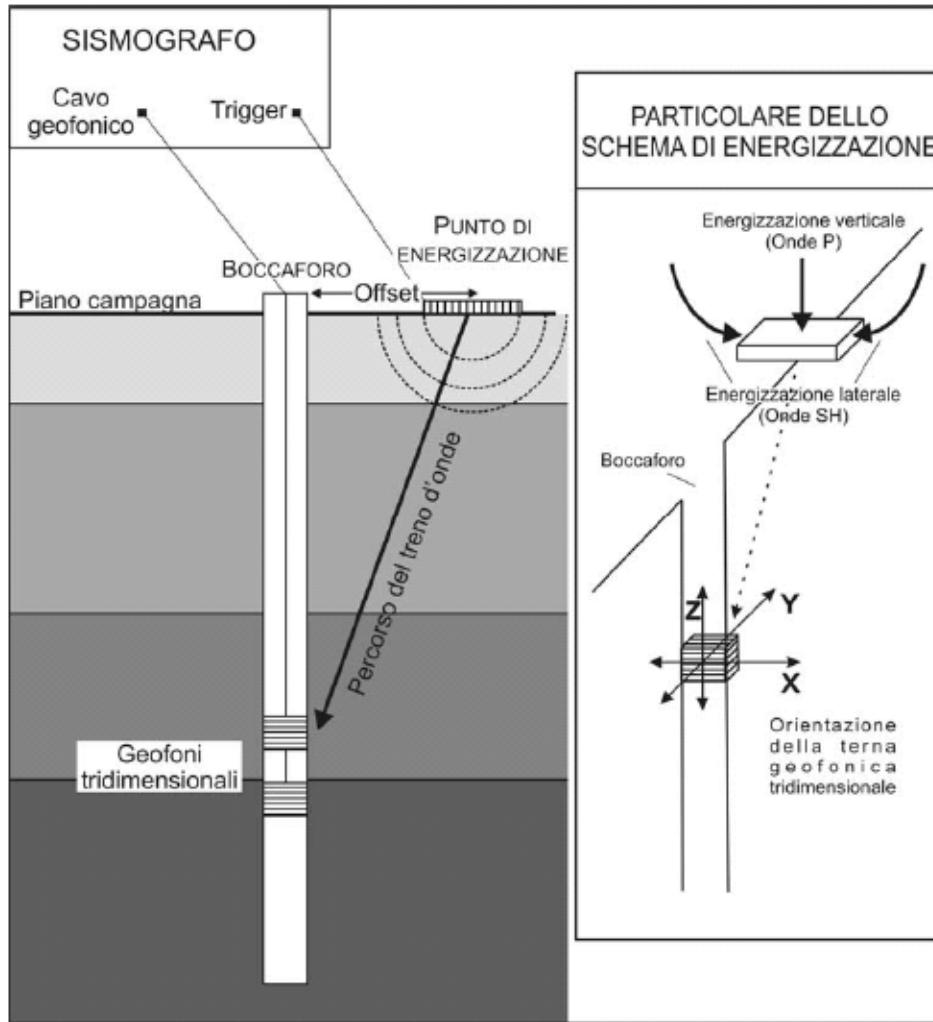
I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) sono in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (o verticali).

Come sorgente per le onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

Come sorgente per le onde SH è stato utilizzato un parallelepipedo (trave in legno) di forma tale da poter essere colpito lateralmente con una mazza del peso di circa 10 Kg.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo da rimanere aderente al terreno sia nel momento in cui veniva colpito, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



Schema semplificato indagine down-hole (Istruzioni Tecniche Regione Toscana)

Il sistema di ricezione si compone di due ricevitori tridimensionali, ciascuno dei quali è costituito da tre trasduttori di velocità orientati secondo le componenti di una terna cartesiana ortogonale e collocati all'interno di un unico contenitore.

I ricevitori tridimensionali sono collegati tra loro e posizionati a distanza di un metro l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori.

Il sistema previsto per mantenere costante la distanza e per garantire l'isorientazione dei geofoni è dotato di un giunto centrale in gomma che funge da smorzatore, in modo da evitare qualunque interazione sismica tra i due sensori.

Quattro pistoni pneumatici azionati dalla superficie con aria in pressione a 8 bar garantiscono un ottimo accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Per l'orientazione del sistema è stata usata una batteria di aste in p.v.c. calata nel foro insieme al geofono a cui era collegata solidalmente.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, producendo un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le oscillazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La strumentazione prevede la funzione “inversione di polarità”, poiché nella prova è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra.

La prova down-hole si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente per onde SH, è stata collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 4.00 m, orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro e gravata con un carico statico addizionale (automezzo). Per la produzione di onde P abbiamo energizzato con massa battente ad impatto verticale mentre per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) è stata percossa lateralmente, generando onde di taglio polarizzate orizzontalmente.

2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema di aste che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;

3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde SH in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori; quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.

4. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, innescando il trigger fa partire la registrazione, l'onda generata si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con oscillazioni di tipo P; in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano oscillazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale.

5. E' stata ripetuta la prova ad una profondità inferiore, abbassando di 1 m i ricevitori, e riprodotta la sollecitazione.

Ogni misurazione è stata registrata in forma digitale con il sismografo Ambrogeo ECHO 12/24 con campionamento digitale con dinamica a 16 bit ed intervallo di campionamento di 130 microsecondi per una durata di 200 millisecondi.

Di seguito si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.

Canale n°1: geofono superiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°2: geofono inferiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°3: geofono superiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°4: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°5: geofono superiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°6: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°7: geofono spia

Canale n°8-9-10-11-12: nulli

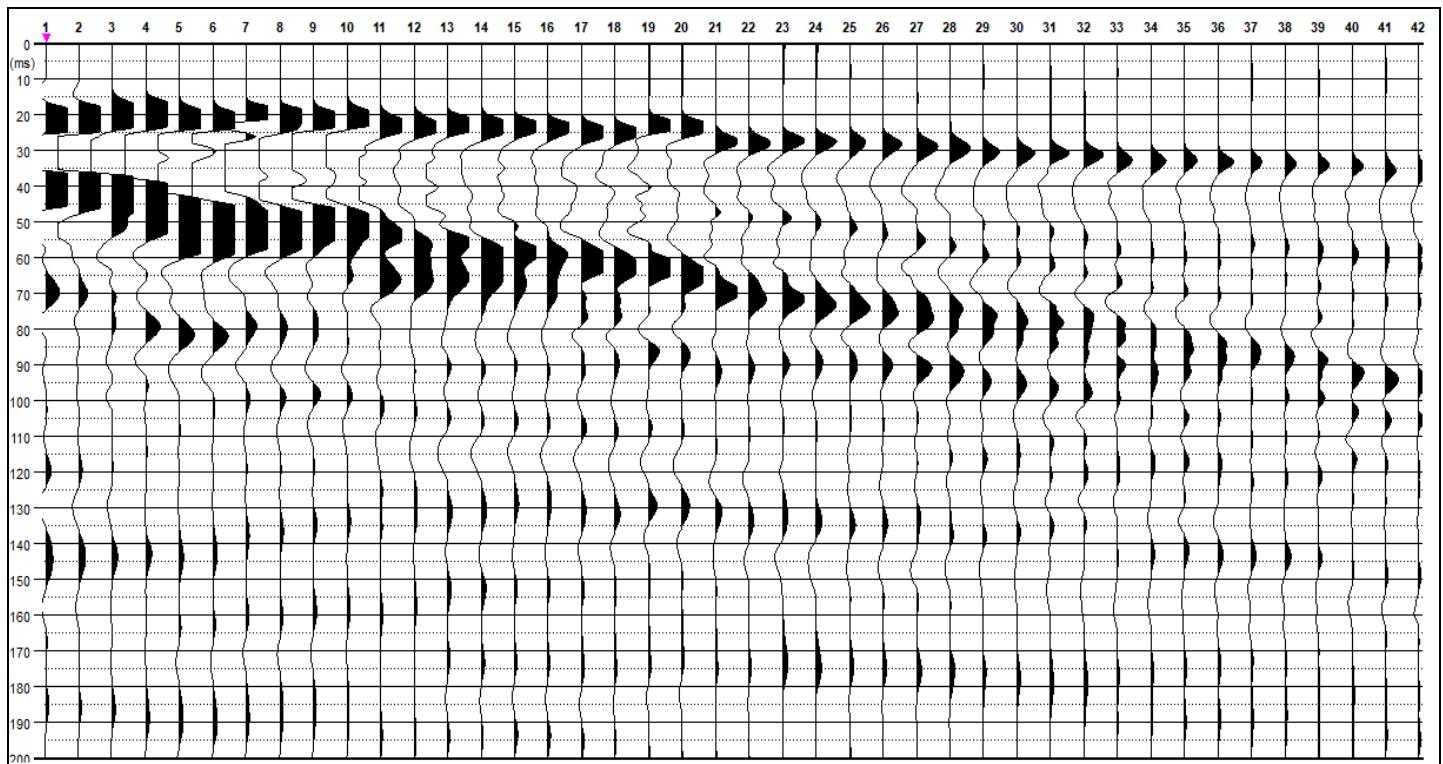
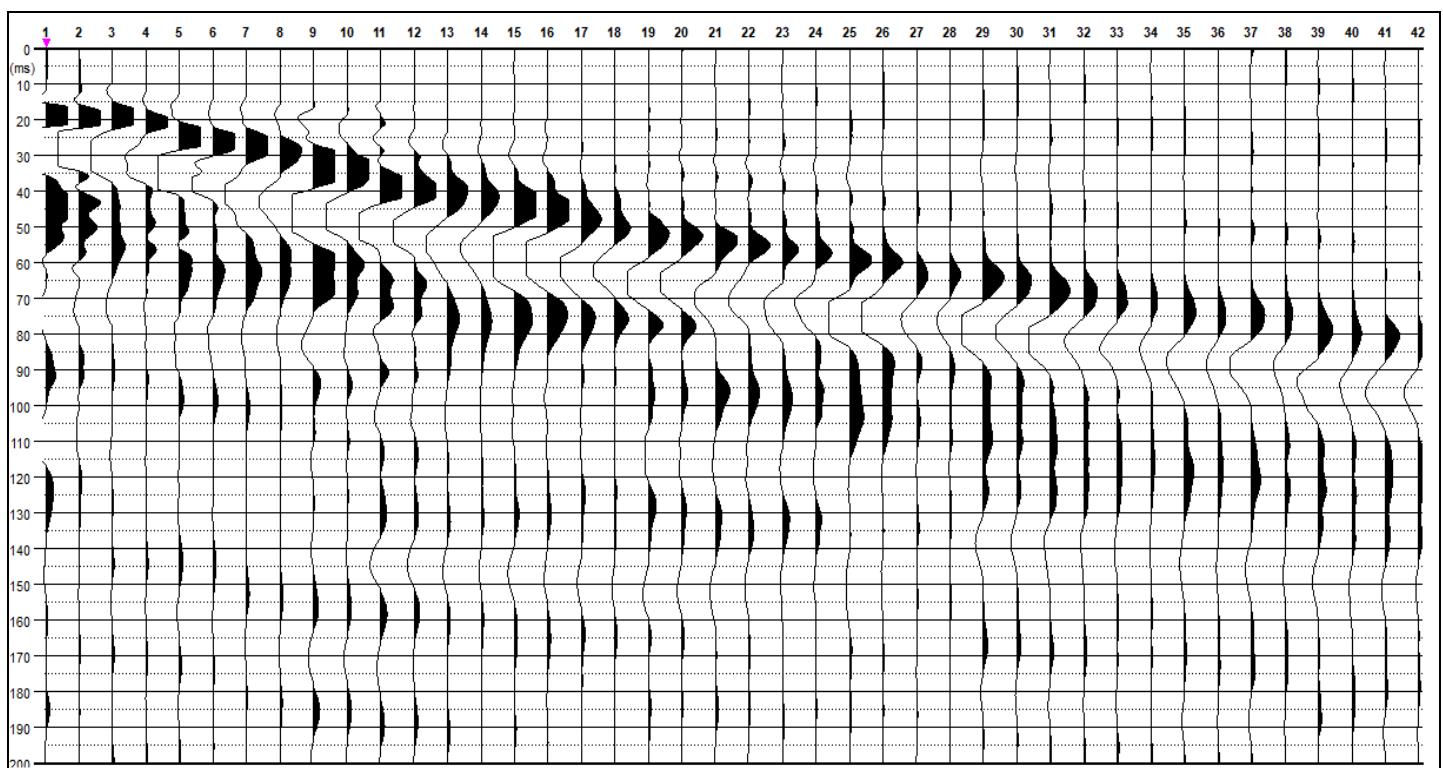
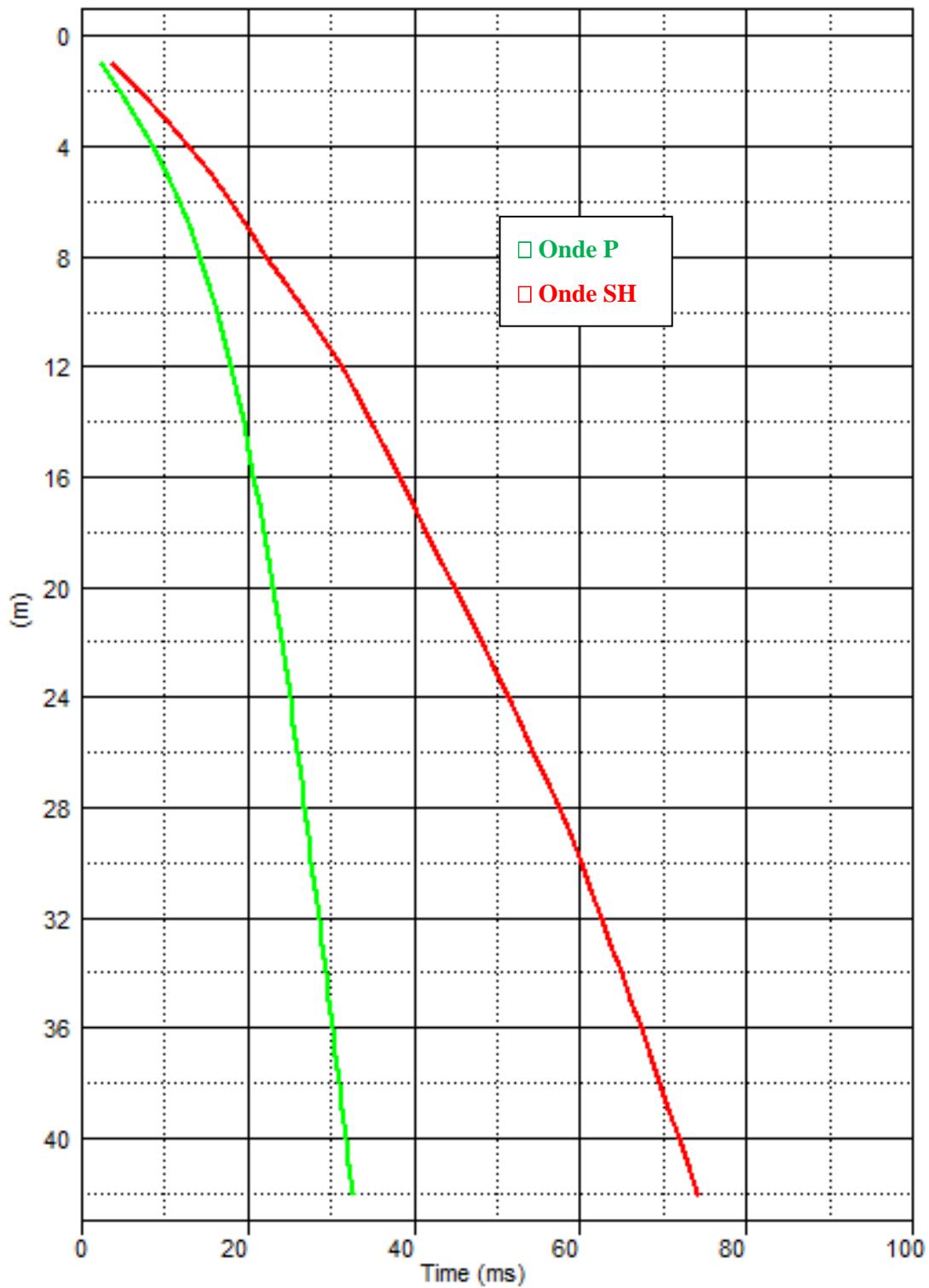
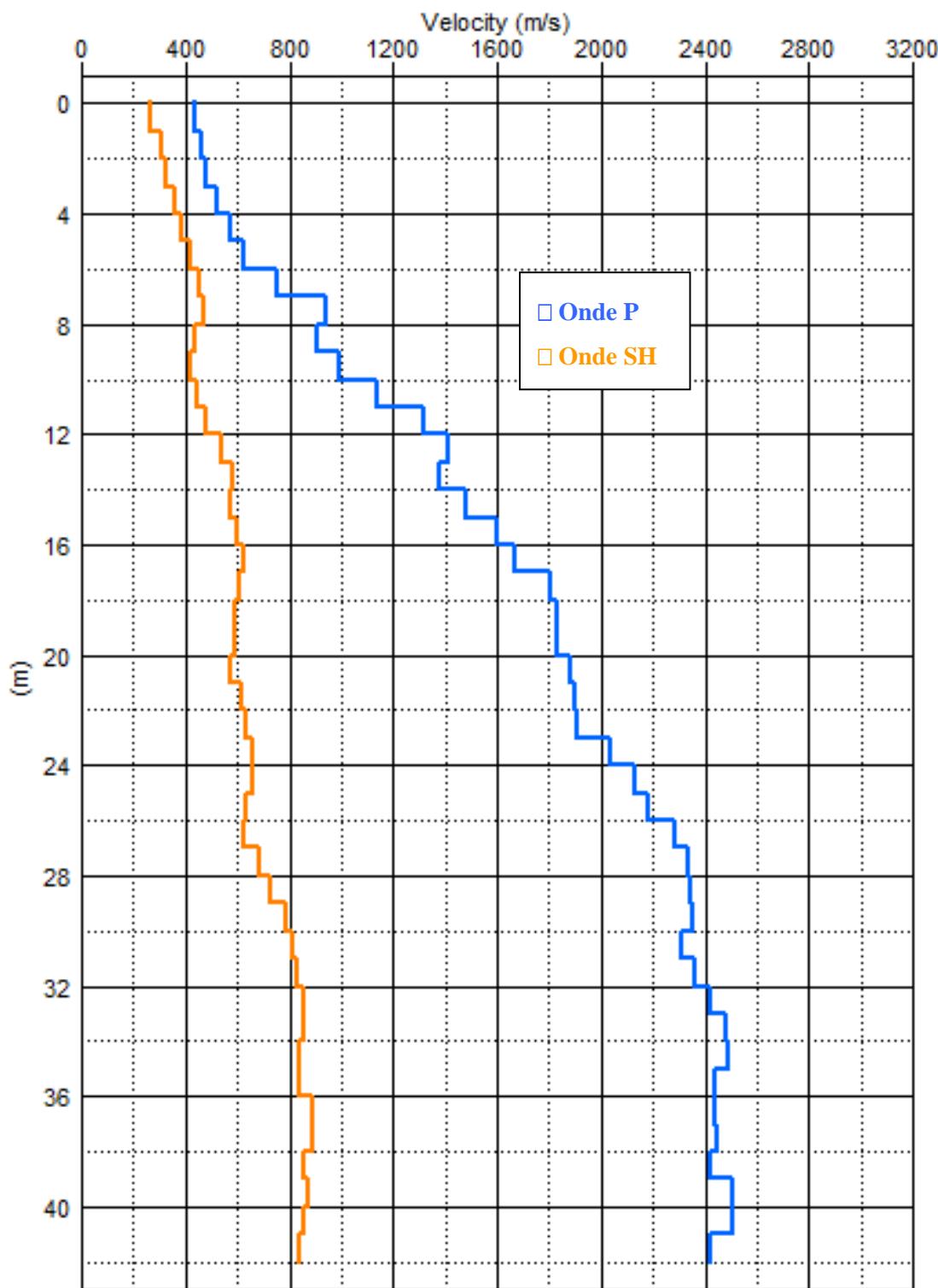
**Sismogramma onde P****Sismogramma onde SH**

Tabella Tempi di arrivo

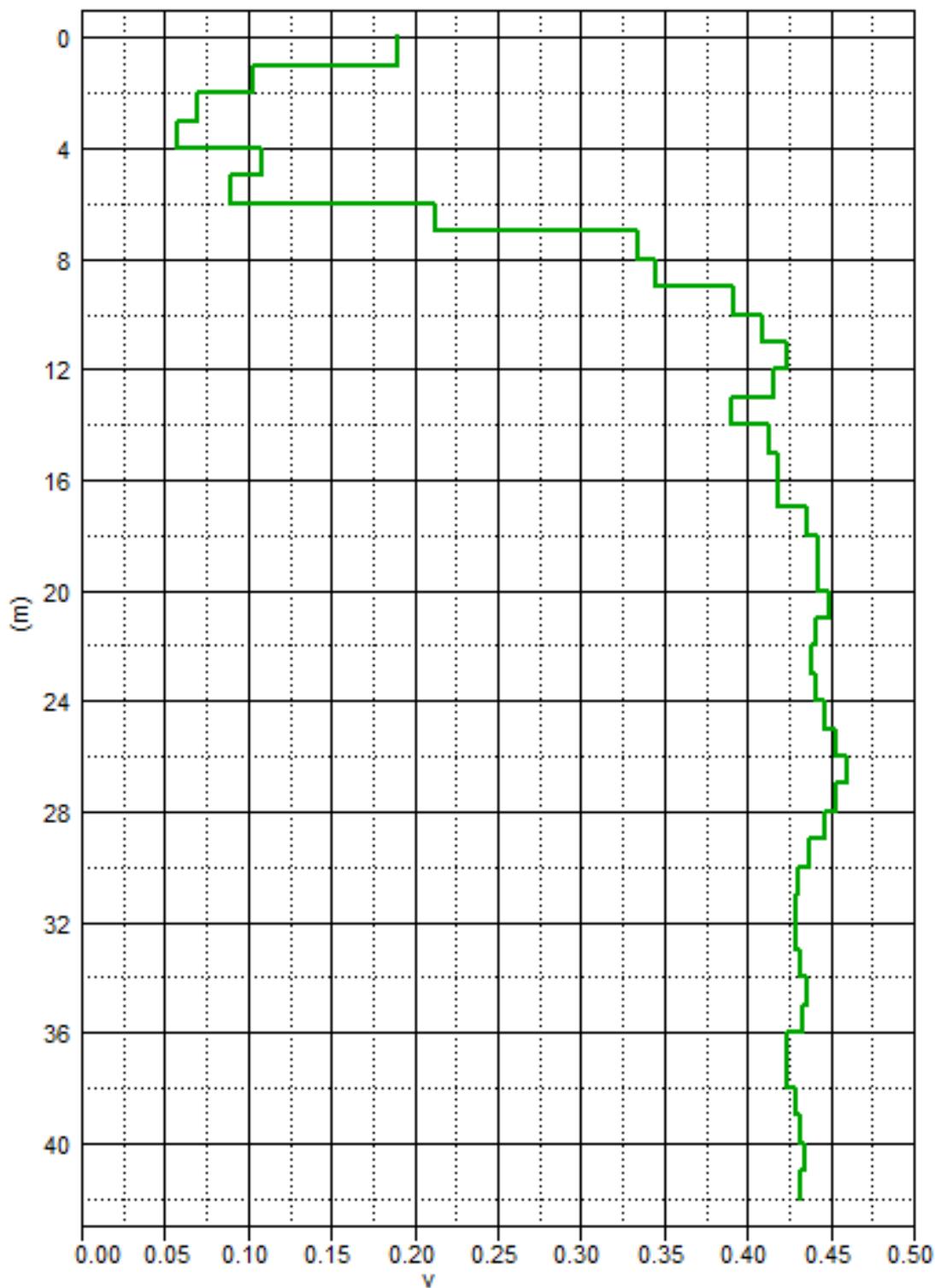
Tabella Tempi di arrivo				
Località:	ponte Catolfi – Laterina (Ar)			
DOWN-HOLE	indagine eseguita nel foro del sondaggio			
	Dist. Shot-foro m:	4,0	Dist. Shot-foro m:	4,0
ONDE SH		ONDE P		
distanza dal p.c. (metri)	Tempi obliqui (millisecondi)	Tempi verticali (millisecondi)	Tempi obliqui (millisecondi)	Tempi verticali (millisecondi)
1	15.39	3.73	9.52	2.31
2	15.65	7.00	10.02	4.48
3	16.77	10.06	10.94	6.56
4	18.21	12.88	12.01	8.49
5	19.85	15.50	13.10	10.23
6	21.48	17.88	14.21	11.83
7	23.12	20.08	15.15	13.16
8	24.82	22.20	15.90	14.22
9	26.79	24.48	16.77	15.32
10	28.95	26.88	17.59	16.33
11	30.98	29.12	18.31	17.21
12	32.88	31.19	18.94	17.97
13	34.58	33.06	19.54	18.67
14	36.16	34.77	20.17	19.40
15	37.79	36.52	20.77	20.07
16	39.37	38.19	21.33	20.70
17	40.87	39.79	21.88	21.30
18	42.44	41.43	22.38	21.85
19	44.08	43.14	22.89	22.40
20	45.72	44.83	23.40	22.94
21	47.42	46.58	23.89	23.47
22	48.99	48.20	24.39	24.00
23	50.53	49.79	24.89	24.52
24	52.01	51.30	25.36	25.01
25	53.48	52.81	25.81	25.48
26	55.02	54.38	26.25	25.94
27	56.59	55.98	26.67	26.38
28	58.03	57.45	27.08	26.81
29	59.38	58.82	27.49	27.23
30	60.62	60.09	27.90	27.66
31	61.83	61.32	28.32	28.09
32	63.01	62.52	28.74	28.51
33	64.16	63.69	29.14	28.93
34	65.30	64.86	29.53	29.33
35	66.48	66.05	29.92	29.73
36	67.66	67.25	30.33	30.14
37	68.78	68.38	30.73	30.55
38	69.89	69.50	31.13	30.96
39	71.05	70.68	31.54	31.37
40	72.18	71.82	31.93	31.77
41	73.34	72.99	32.32	32.17
42	74.52	74.18	32.73	32.58

**DROMOCRONE**

## VELOCITA' INTERVALLARI



## COEFFICIENTE DI POISSON



**TABELLA RIASSUNTIVA**

<b>Depth</b>	<b>Ts Pick</b>	<b>Ts Vertical</b>	<b>Vs Interval</b>	<b>Vs Average</b>	<b>Tp Pick</b>	<b>Tp Vertical</b>	<b>Vp Interval</b>	<b>Vp Average</b>	<b>Poisson's Ratio</b>
1	15.39	3.73	268	268	9.52	2.31	433	433	0.19
2	15.65	7.00	306	286	10.02	4.48	460	446	0.10
3	16.77	10.06	327	298	10.94	6.56	481	457	0.07
4	18.21	12.88	355	311	12.01	8.49	519	471	0.06
5	19.85	15.50	381	323	13.10	10.23	575	489	0.11
6	21.48	17.88	421	336	14.21	11.83	626	507	0.09
7	23.12	20.08	455	349	15.15	13.16	752	532	0.21
8	24.82	22.20	470	360	15.90	14.22	943	563	0.34
9	26.79	24.48	439	368	16.77	15.32	904	587	0.35
10	28.95	26.88	417	372	17.59	16.33	990	612	0.39
11	30.98	29.12	447	378	18.31	17.21	1141	639	0.41
12	32.88	31.19	481	385	18.94	17.97	1320	668	0.42
13	34.58	33.06	537	393	19.54	18.67	1415	696	0.42
14	36.16	34.77	585	403	20.17	19.40	1381	722	0.39
15	37.79	36.52	571	411	20.77	20.07	1484	747	0.41
16	39.37	38.19	598	419	21.33	20.70	1598	773	0.42
17	40.87	39.79	627	427	21.88	21.30	1672	798	0.42
18	42.44	41.43	607	434	22.38	21.85	1806	824	0.44
19	44.08	43.14	587	441	22.89	22.40	1827	848	0.44
20	45.72	44.83	590	446	23.40	22.94	1833	872	0.44
21	47.42	46.58	570	451	23.89	23.47	1886	895	0.45
22	48.99	48.20	618	456	24.39	24.00	1900	917	0.44
23	50.53	49.79	632	462	24.89	24.52	1911	938	0.44
24	52.01	51.30	661	468	25.36	25.01	2037	960	0.44
25	53.48	52.81	662	473	25.81	25.48	2128	981	0.45
26	55.02	54.38	637	478	26.25	25.94	2180	1002	0.45
27	56.59	55.98	625	482	26.67	26.38	2281	1024	0.46
28	58.03	57.45	681	487	27.08	26.81	2339	1045	0.45
29	59.38	58.82	730	493	27.49	27.23	2347	1065	0.45
30	60.62	60.09	788	499	27.90	27.66	2354	1085	0.44
31	61.83	61.32	810	506	28.32	28.09	2310	1104	0.43
32	63.01	62.52	833	512	28.74	28.51	2366	1122	0.43
33	64.16	63.69	857	518	29.14	28.93	2424	1141	0.43
34	65.30	64.86	858	524	29.53	29.33	2485	1159	0.43
35	66.48	66.05	836	530	29.92	29.73	2489	1177	0.44
36	67.66	67.25	837	535	30.33	30.14	2437	1194	0.43
37	68.78	68.38	886	541	30.73	30.55	2440	1211	0.42
38	69.89	69.50	887	547	31.13	30.96	2443	1227	0.42
39	71.05	70.68	854	552	31.54	31.37	2418	1243	0.43
40	72.18	71.82	871	557	31.93	31.77	2506	1259	0.43
41	73.34	72.99	856	562	32.32	32.17	2508	1274	0.43
42	74.52	74.18	840	566	32.73	32.58	2425	1289	0.43

## CALCOLO DELLE VS<sub>30</sub>

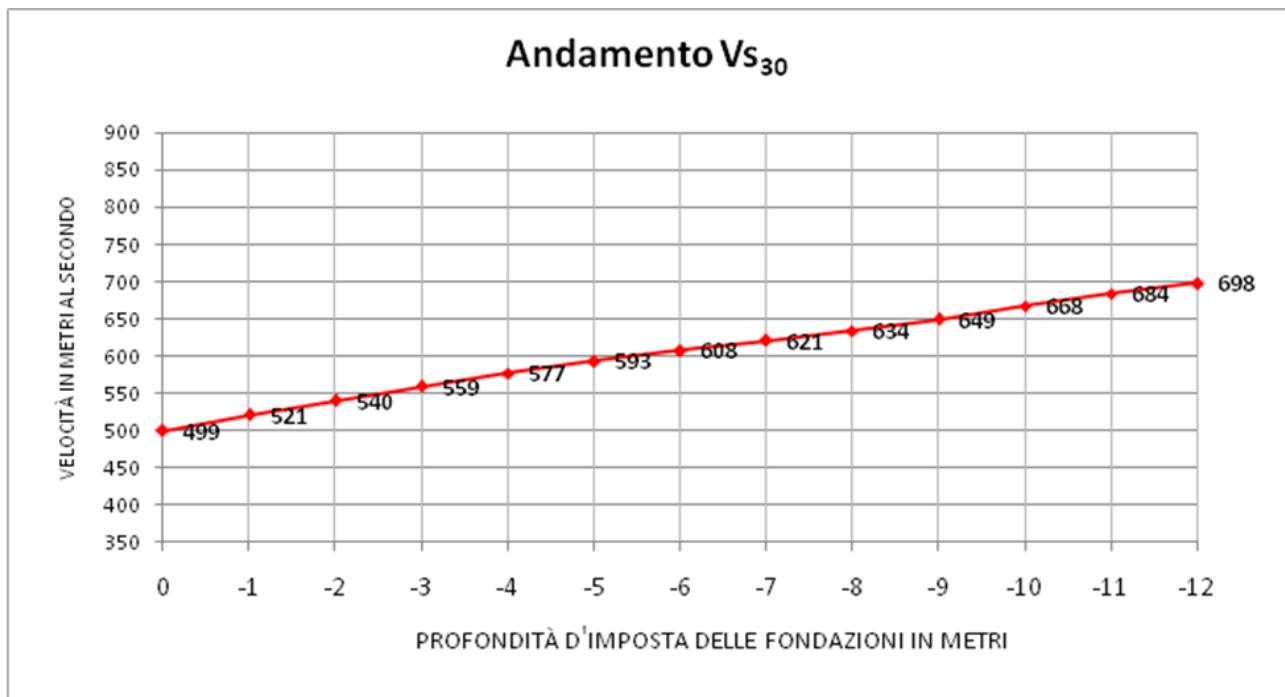
A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs<sub>30</sub>, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs<sub>30</sub> si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

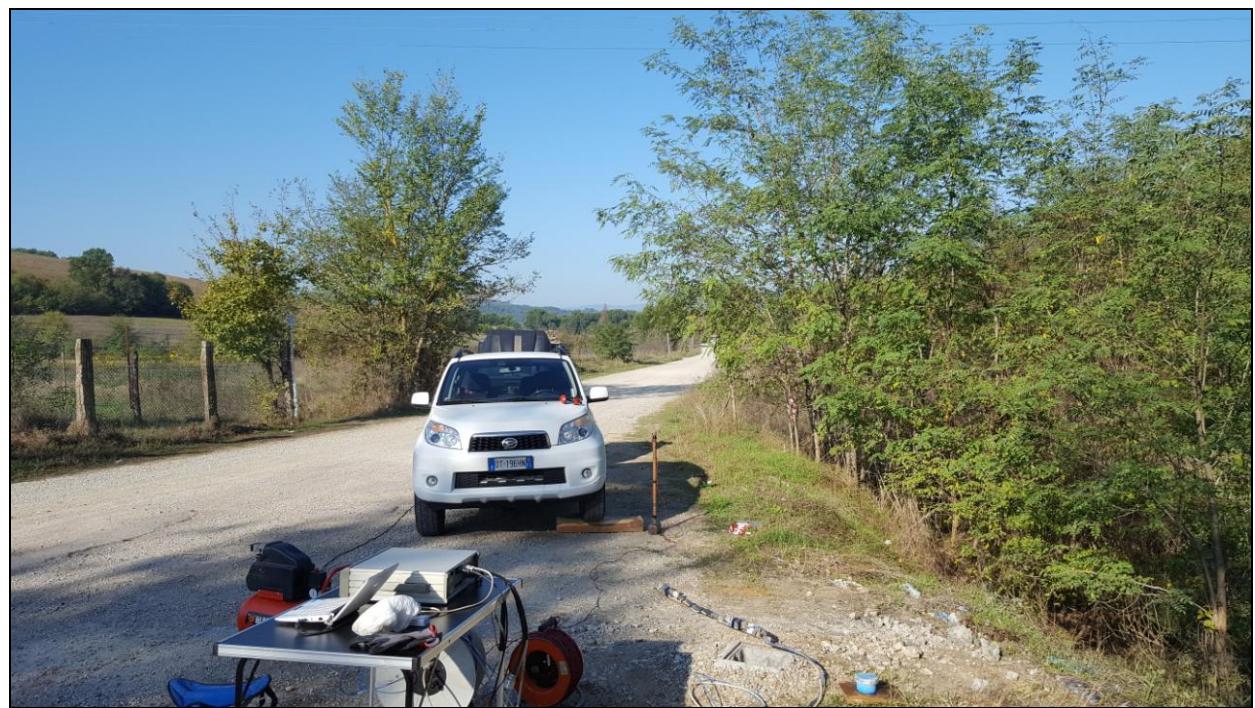
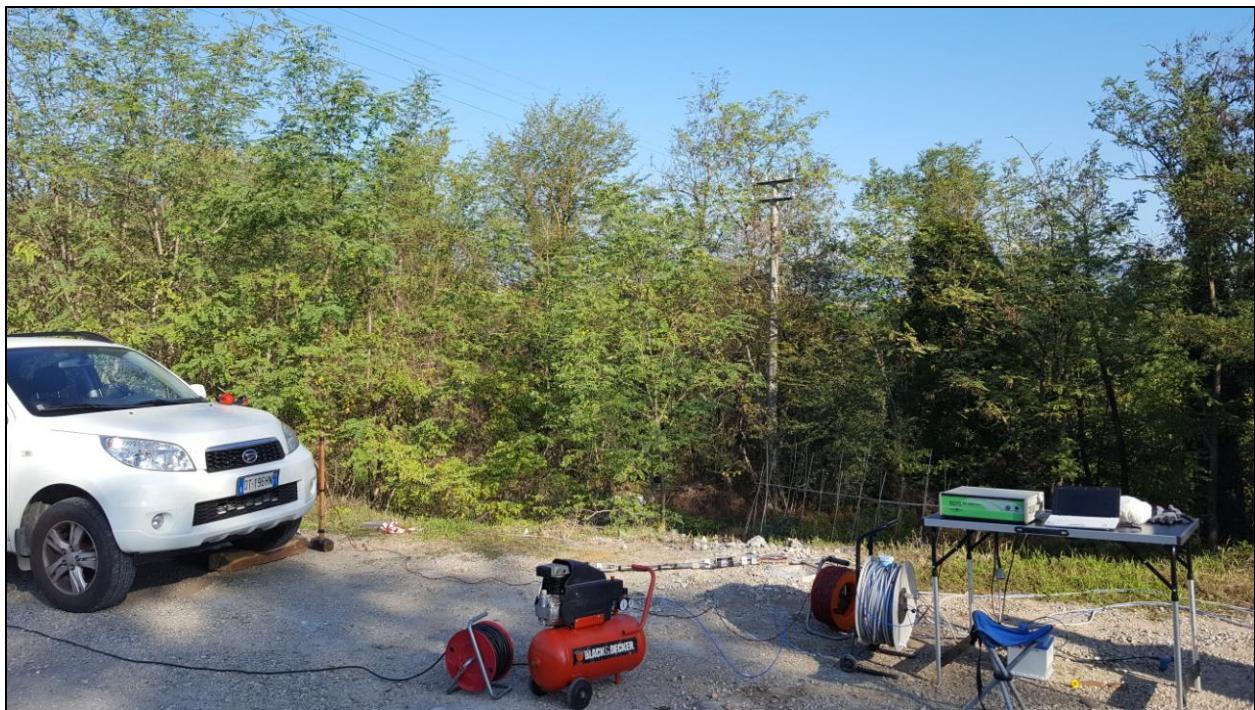
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Nel grafico in basso si osservano i valori della Vs<sub>30</sub> alle varie profondità rispetto alla quota del bocca foro.



## Documentazione Fotografica



# **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E SH**

**Committente: Tecna s.n.c.**

**Referente tecnico: I.T.S. Engineering**

**Ubicazione: ponte Catolfi**

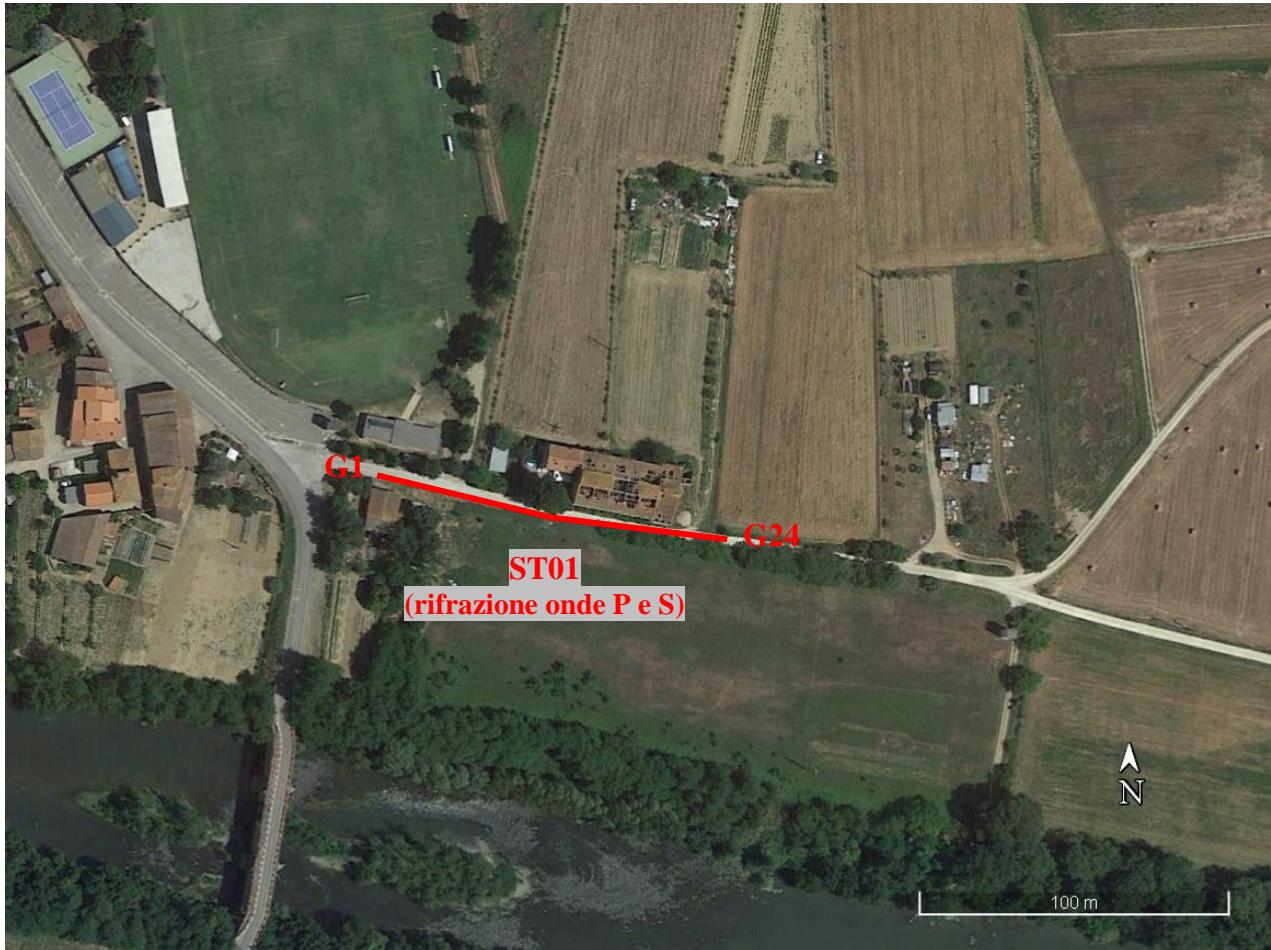
**Comune: Laterina (Ar)**

**Colle di Val d'Elsa 29/09/2017**

**Relazione Tecnica**

## 1 - Premessa

Su incarico della Tecna s.n.c., il giorno 27/09/2017 è stata eseguita una indagine geofisica di sismica a rifrazione presso il ponte Catolfi (attraversamento del Fiume Arno) nel Comune di Laterina (si veda foto aerea in basso).



**Fig. 1: ubicazione delle indagini.**

La prospezione di sismica a rifrazione ha permesso di determinare l'andamento delle velocità delle onde di compressione e di taglio su una sezione del sottosuolo, con la definizione del grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e l'individuazione di eventuali superfici di separazione tra “materiale” con diverse caratteristiche fisico-mecccaniche.

L'acquisizione in onde SH ha permesso la definizione del parametro  $V_{S30}$  ai sensi del D.M. 2008 (Testo unico sulle costruzioni).

## 2 - Indagine di sismica a rifrazione

La linea è stata eseguita utilizzando un gruppo di 24 geofoni spaziati 5,0 metri, per uno sviluppo totale pari a 115 metri.

Lungo lo stendimento si sono generate e registrate le onde di compressione (P) e le onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH).

### 2.1 - Modalità esecutive della prova sismica a rifrazione.

L'indagine sismica a rifrazione consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione di onde di volume (P) e sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione di onde di taglio (SH) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale e orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali:

- a) individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- b) ricostruzione delle relative dromocrone;
- c) interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

#### APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- sistema sorgente;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati;
- trigger.

#### Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione, es. grave in caduta libera (massa da 110 kg), in alternativa è possibile utilizzare un cannoncino a cartucce industriali o una mazza di 10 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.

### **Sorgente onde SH:**

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia nel momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.

Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono realizzati energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

### **Sistema di ricezione:**

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale e con frequenza propria di circa 14 Hz per le onde P, e da 24 geofoni a componente orizzontale con frequenza propria di circa 10 Hz per le onde SH. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

La spaziatura dei geofoni è proporzionale alla profondità dell'indagine. Per questo lavoro i geofoni sono stati disposti in allineamento ad una distanza regolare di 5,0 m. tra loro.

### **Sistema di acquisizione dati:**

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale con 24 canali a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

**Trigger:**

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

**Interpretazione dei profili sismici**

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone.

L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di compressione P e di taglio S.

## Risultati

L'indagine di sismica a rifrazione ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ), e la determinazione della geometria del sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

I dati acquisiti sono stati elaborati in tecnica tomografica, utilizzando il software Rayfract.

Il profilo ST01 ha messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche di compressione (P) e di taglio (S) schematizzabile rispettivamente in tre e in due sismostrati.

Per le onde P si osserva un livello superficiale con spessore medio di circa 5,25 metri e con velocità media  $V_p$  pari a 575 metri/sec, un livello centrale con spessore medio di circa 11,5 metri e con velocità media  $V_p$  pari a 1420 metri/sec e un substrato con velocità media  $V_p$  pari a 2160 metri/sec.

Per le onde S il primo sismostrato ha spessore medio di circa 16,95 metri con velocità media  $V_s$  pari a 380 metri/sec.

Le velocità  $V_s$  del substrato hanno un valore medio pari a 790 metri/sec.

### Calcolo della $V_{s30}$

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{s30}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m. di profondità.

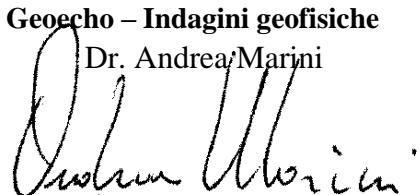
Per il calcolo delle  $V_{s30}$  si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove  $H_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore  $V_{s30} = 488$  m/s.

Il Tecnico:  
**Geoecho – Indagini geofisiche**  
 Dr. Andrea Marini



Allegato 1: elaborati grafici delle indagini di sismica a rifrazione

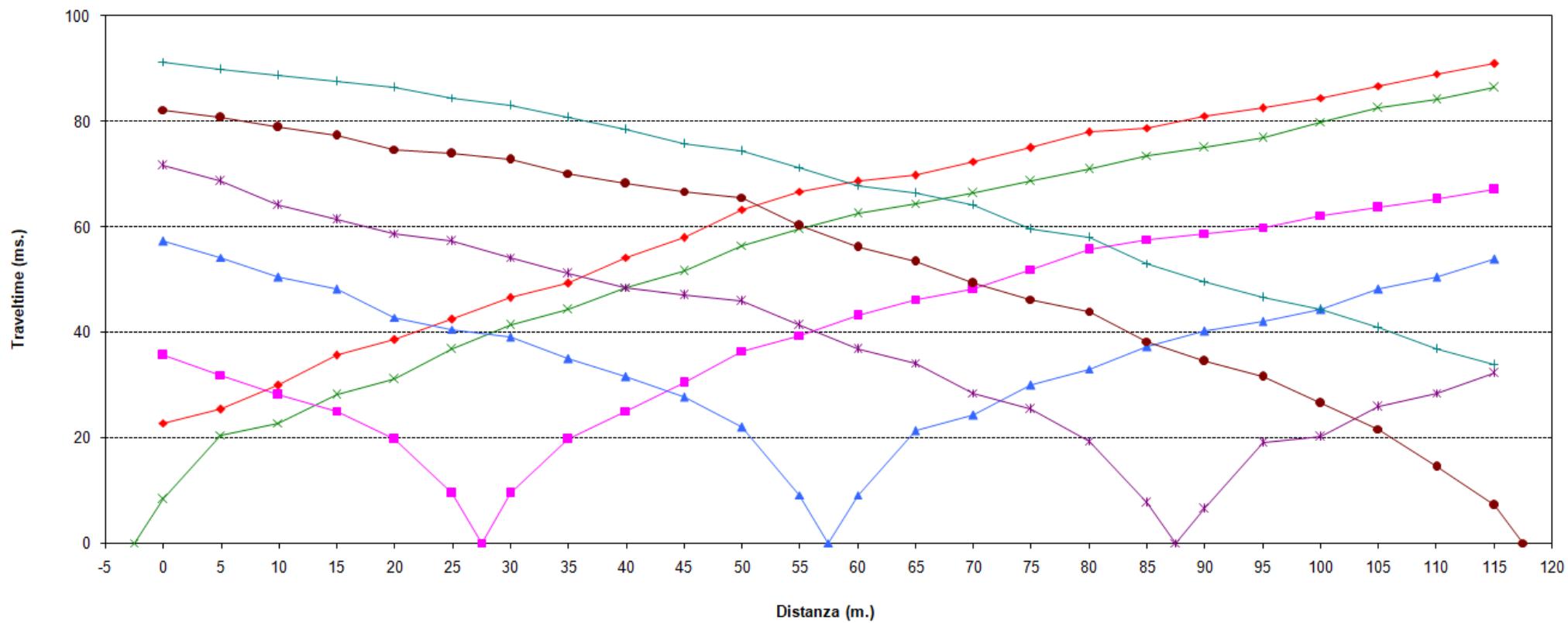
**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST01 - ONDE P E ONDE SH**  
**SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

Geofoni n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanza progressiva (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Distanza parziale (m)	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Quote geof. (m s.l.m.)	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178

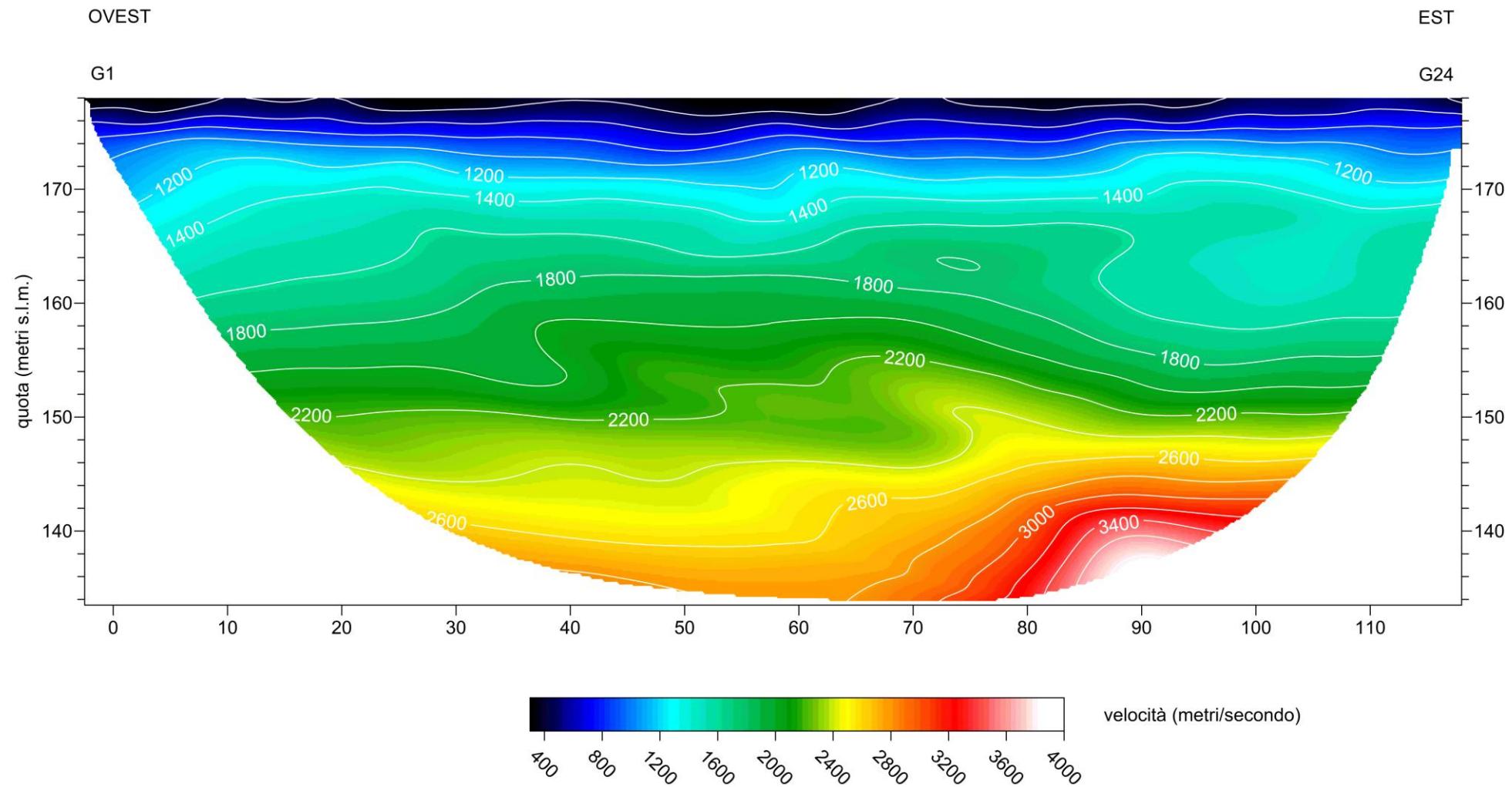
**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE - ONDE P e ONDE SH**

	SCOPPIO 1	SCOPPIO 2	SCOPPIO 3	SCOPPIO 4	SCOPPIO 5	SCOPPIO 6	SCOPPIO 7
POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m)	-15	-2,5	27,5	57,5	87,5	117,5	145
QUOTA (m s.l.m.)	178	178	178	178	178	178	178

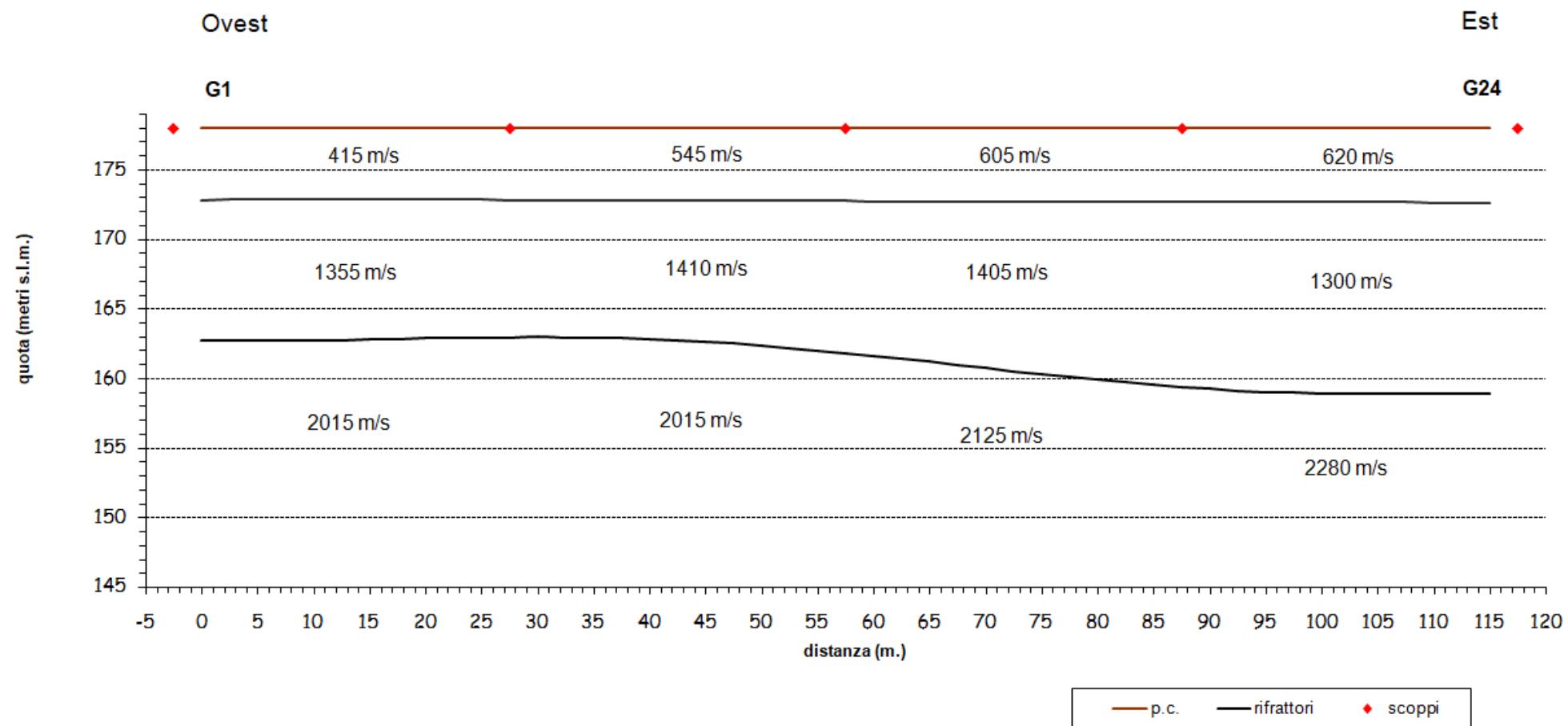
## DROMOCRONE ST01 - ONDE P



## ST01 - Tomografia sismica - Onde P



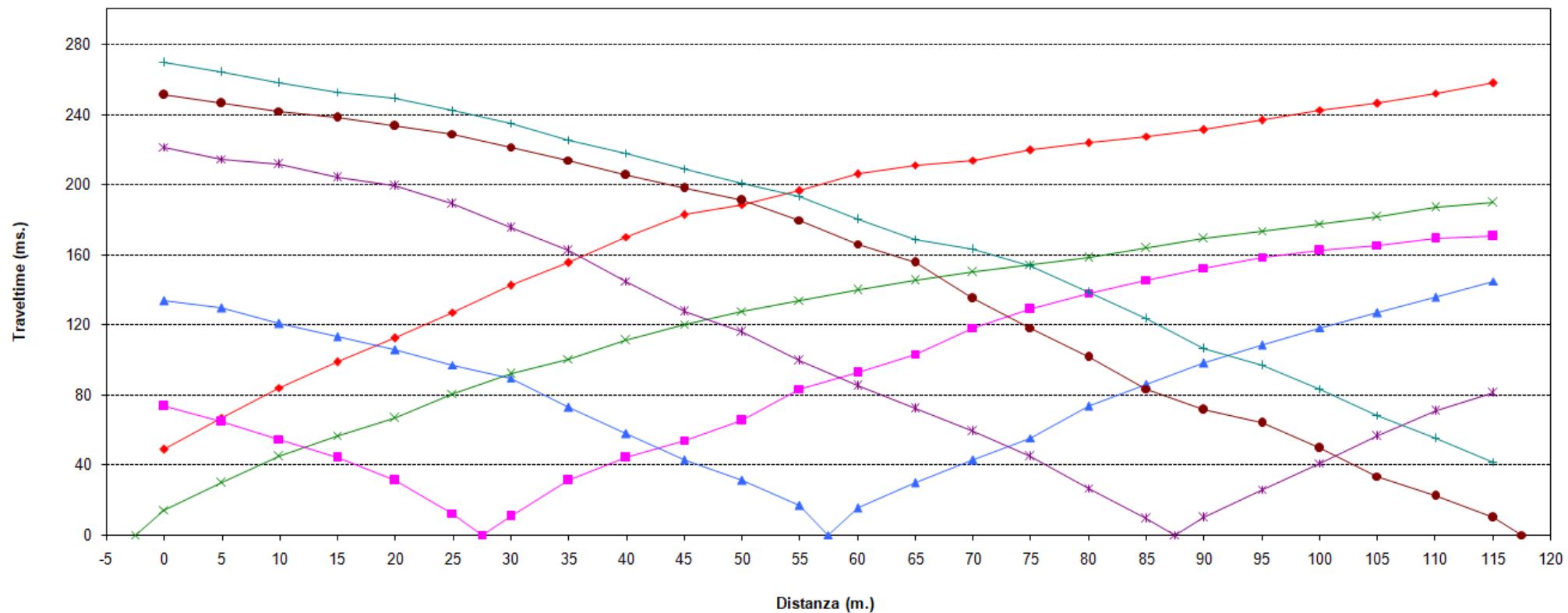
## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST01 - ONDE P

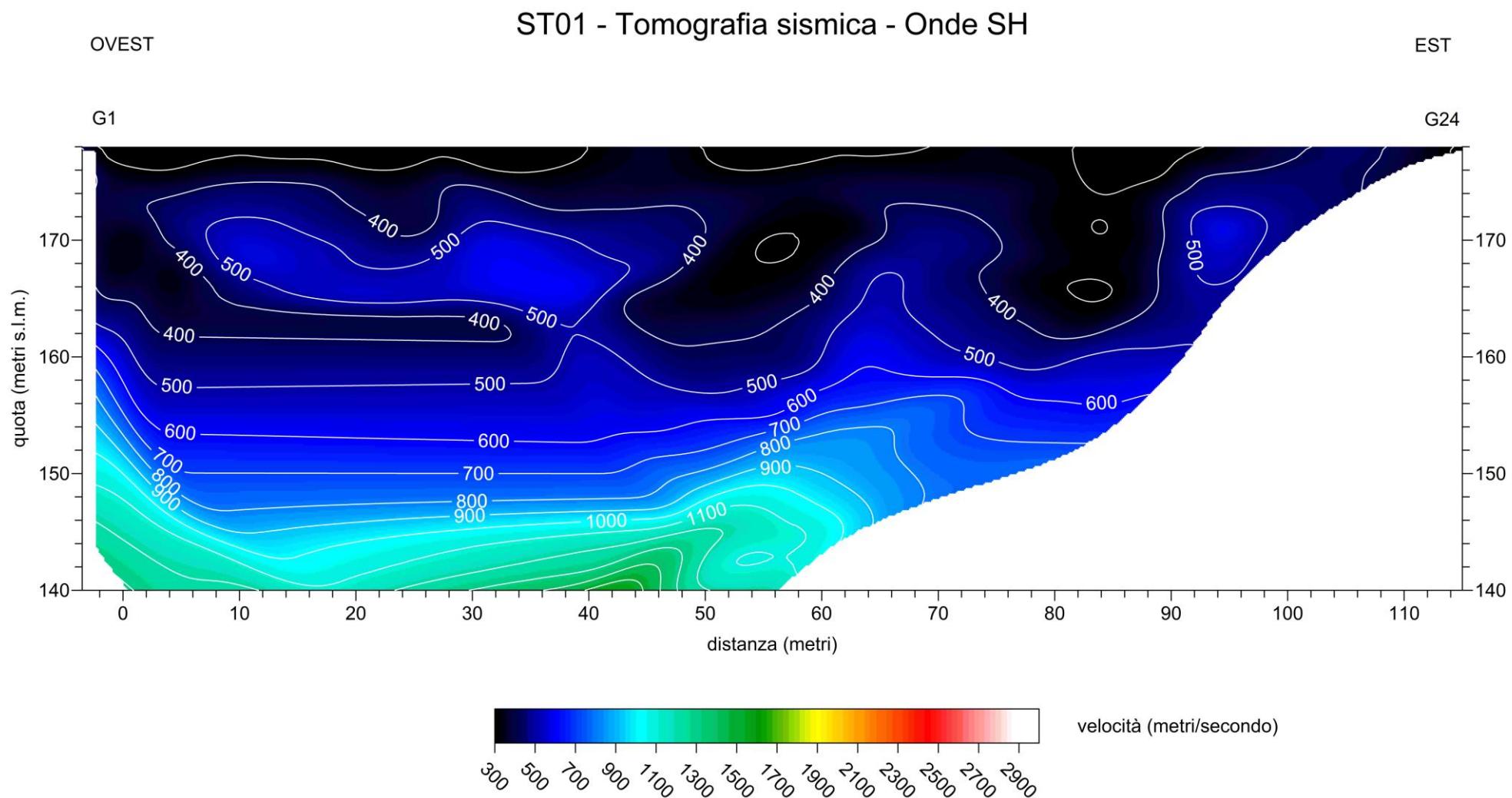


**Tabella velocità e spessori - Linea ST01 - Onde P**

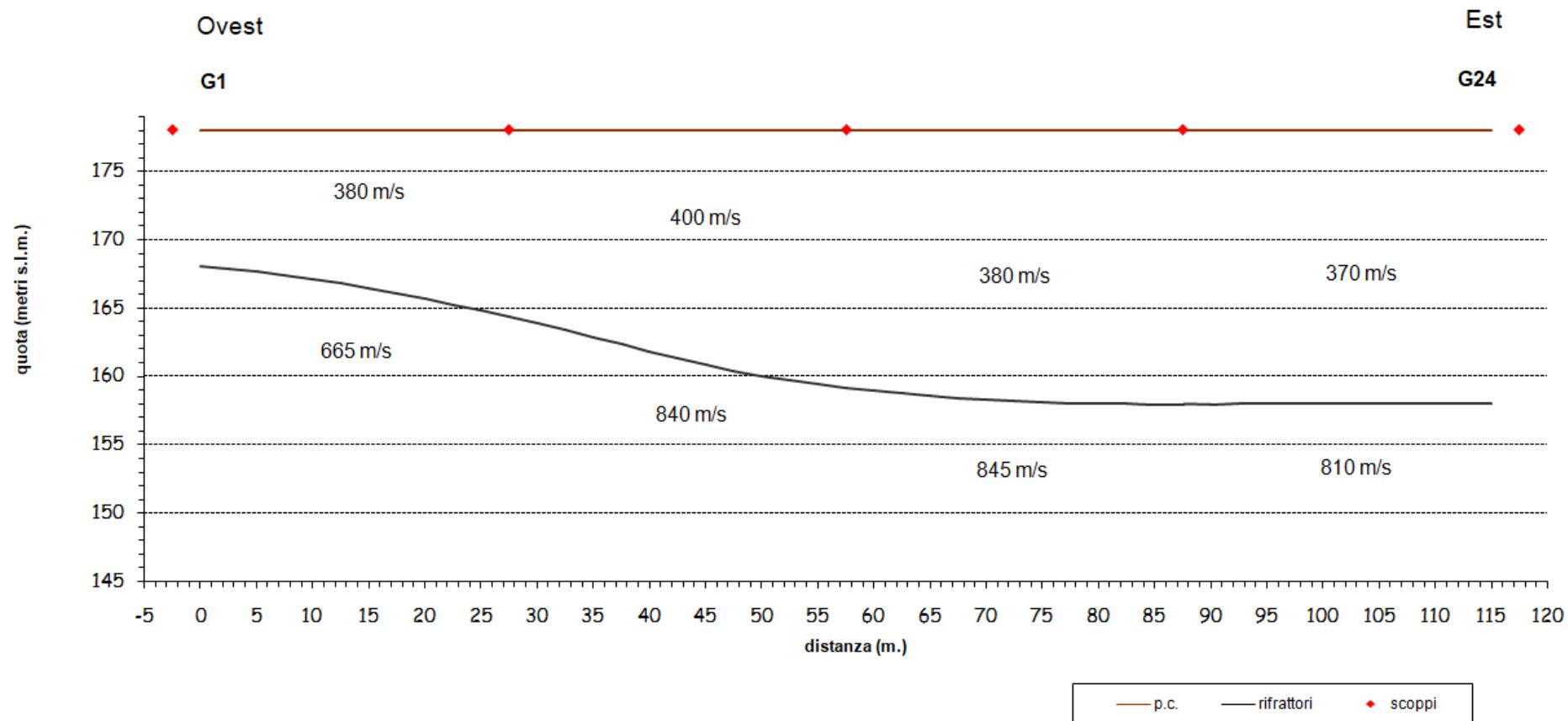
Distanza dal geof. 1	Quota (m. slm)	V1 (m/s)	Spessore 1 (m.)	V2 (m/s)	Spessore 2 (m.)	V3 (m/s)
0.0	178	561	5.2	1408	10.1	2006
2.5	178	563	5.2	1399	10.2	2006
5.0	178	565	5.1	1390	10.2	2006
7.5	178	566	5.1	1380	10.2	2009
10.0	178	568	5.1	1371	10.1	2013
12.5	178	569	5.1	1366	10.1	2018
15.0	178	569	5.1	1373	10.1	2022
17.5	178	569	5.1	1379	10.1	2023
20.0	178	568	5.1	1382	10.0	2023
22.5	178	566	5.1	1384	10.0	2025
25.0	178	564	5.2	1387	9.9	2024
27.5	178	561	5.2	1390	9.9	2023
30.0	178	558	5.2	1394	9.9	2019
32.5	178	555	5.2	1399	9.9	2013
35.0	178	551	5.2	1404	9.9	2007
37.5	178	549	5.2	1409	9.9	2007
40.0	178	546	5.2	1414	10.0	2008
42.5	178	545	5.2	1419	10.0	2010
45.0	178	543	5.2	1423	10.1	2015
47.5	178	543	5.2	1428	10.3	2026
50.0	178	543	5.2	1433	10.4	2034
52.5	178	543	5.2	1438	10.6	2044
55.0	178	544	5.2	1443	10.7	2062
57.5	178	546	5.3	1448	10.9	2082
60.0	178	548	5.3	1453	11.1	2099
62.5	178	552	5.3	1458	11.3	2115
65.0	178	556	5.3	1463	11.5	2131
67.5	178	561	5.3	1468	11.7	2150
70.0	178	565	5.3	1473	12.0	2170
72.5	178	569	5.3	1475	12.2	2191
75.0	178	573	5.3	1470	12.4	2210
77.5	178	580	5.3	1462	12.6	2233
80.0	178	586	5.3	1456	12.8	2256
82.5	178	591	5.3	1451	13.0	2282
85.0	178	596	5.3	1445	13.2	2309
87.5	178	601	5.3	1440	13.3	2333
90.0	178	605	5.3	1433	13.5	2353
92.5	178	610	5.3	1428	13.6	2373
95.0	178	615	5.3	1422	13.7	2391
97.5	178	619	5.3	1413	13.7	2404
100.0	178	623	5.3	1407	13.8	2413
102.5	178	626	5.3	1406	13.8	2427
105.0	178	628	5.3	1406	13.8	2434
107.5	178	630	5.3	1404	13.8	2434
110.0	178	632	5.3	1400	13.8	2434
112.5	178	633	5.4	1397	13.8	2434
115.0	178	635	5.4	1393	13.8	2434

## DROMOCRONE ST01 - ONDE SH





## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST01 - ONDE SH



**Tabella velocità e spessori - Linea ST01 - Onde SH**

Distanza dal geof. 1	Quota (m. slm)	V1 (m/s)	Spessore 1 (m.)	V2 (m/s)	Spessore 2 (m.)	V3 (m/s)
0.0	178	376	9.9	648		
2.5	178	376	10.1	639		
5.0	178	375	10.3	630		
7.5	178	374	10.6	621		
10.0	178	373	10.9	619		
12.5	178	373	11.2	626		
15.0	178	373	11.6	639		
17.5	178	377	11.9	662		
20.0	178	382	12.3	687		
22.5	178	388	12.7	707		
25.0	178	394	13.2	727		
27.5	178	397	13.6	753		
30.0	178	401	14.1	776		
32.5	178	403	14.6	794		
35.0	178	405	15.1	805		
37.5	178	407	15.7	809		
40.0	178	408	16.2	819		
42.5	178	405	16.7	833		
45.0	178	402	17.2	846		
47.5	178	397	17.6	859		
50.0	178	392	18.0	871		
52.5	178	389	18.3	883		
55.0	178	385	18.6	894		
57.5	178	384	18.8	905		
60.0	178	383	19.1	913		
62.5	178	382	19.2	912		
65.0	178	381	19.4	904		
67.5	178	381	19.6	888		
70.0	178	381	19.7	864		
72.5	178	381	19.8	843		
75.0	178	380	19.9	826		
77.5	178	379	19.9	812		
80.0	178	379	20.0	802		
82.5	178	378	20.0	795		
85.0	178	377	20.0	794		
87.5	178	376	20.0	800		
90.0	178	375	20.0	809		
92.5	178	374	20.0	809		
95.0	178	372	20.0	809		
97.5	178	371	20.0	809		
100.0	178	370	20.0	809		
102.5	178	370	20.0	809		
105.0	178	369	20.0	809		
107.5	178	369	20.0	809		
110.0	178	369	20.0	809		
112.5	178	369	20.0	809		
115.0	178	368	20.0	809		

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione settore "A" - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - ART. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

# LABOTER s.n.c. di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr.2436/13

Committente : **Comune di Laterina**  
Cantiere : **Ponte Catolfi - Laterina (AR)**

Verbale Accettazione n° : **328 del 20/09/2017**  
Data Certificazione : **02/10/2017**  
Campioni n°: **2**  
Certificati da n° a n° : **03137 a 03148**





Riferimento			Caratteristiche fisiche						Limiti di consistenza				Granulometria			Classificazione	Compr.	Taglio diretto			
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γsec kN/m³	γsat kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	σ kPa	ϕ °	c kPa
1	1	10.5-11.0	21,3	19,9	16,4	20,1	0,61	38,0	93,9	37,6	26,0	11,6	1,40	0,9	22,2	44,1	32,8	A6 - I.G. = 9	190	25,5	11
1	2	13.0-13.5	39,1	17,9	12,9	17,9	1,06	51,4	99,8	39,8	22,7	17,1	0,04		0,3	80,9	18,8	A6 - I.G. = 11	138	30,3	26



COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	21,3	%
Peso di volume	19,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume satura	20,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,613	
Porosità	38,0	%
Grado di saturazione	93,9	%
Limite di liquidità	37,6	%
Limite di plasticità	26,0	%
Indice di plasticità	11,6	%
Indice di consistenza	1,40	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 9

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0,9	%
Sabbia	22,2	%
Limo	44,1	%
Argilla	32,8	%
D 10	0,000551	mm
D 50	0,015524	mm
D 60	0,027005	mm
D 90	0,221130	mm
Passante set. 10	97,7	%
Passante set. 42	93,8	%
Passante set. 200	76,9	%

**COMPRESIONE**

$\sigma$	190	kPa
$c_u$	95	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u$ Rim		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
$C$	10,5	kPa
$\phi$	25,5	°
$C_{Res}$		kPa
$\phi_{Res}$		°

**PERMEABILITÀ'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove CF CS TD GR	cm 0	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	10	220			Limo con argilla sabbioso con litici, consistente Munsell Soil Color Charts : 5Y 5/4 oliva
	20	180			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
	30	210			< 24,5 kPa      molto molle
	40	240			24,5 - 49,1 kPa      molle
	50				49,1 - 98,1 kPa      plastico
					98,1 - 196,2 kPa      consistente
					196,2 - 392,4 kPa      molto consistente
					>392,4 kPa      duro



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 03140** Allegato 1  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17

**DATA DI EMISSIONE:** 02/10/17 **Inizio analisi:** 29/09/17  
**Apertura campione:** 25/09/17 **Fine analisi:** 02/10/17

**COMMITTENTE:** Comune di Laterina

**RIFERIMENTO:** Ponte Catolfi - Laterina (AR)

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA': m** 10.5-11.0

#### CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

#### ANALISI GRANULOMETRICA

#### LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	97,7	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,8	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	76,9	%

Limite di liquidità	37,6	%
Limite di plasticità	26,0	%
Indice di plasticità	11,6	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6** **INDICE DI GRUPPO: 9**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille poco compressibili





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03137	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 25/09/17
Apertura campione:	25/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina		
RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 10.5-11.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 21,3 %**

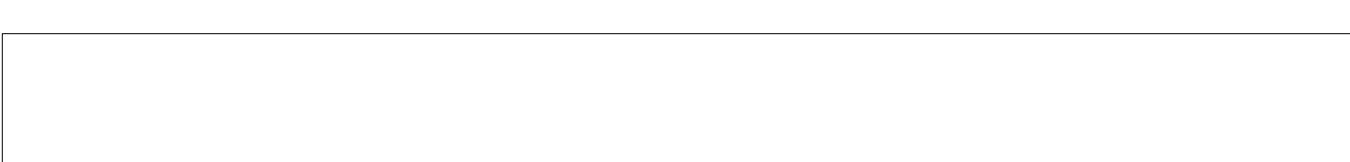
Omogeneo

Struttura del materiale:

Stratificato

Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 03138** Pagina 1/1  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17

**DATA DI EMISSIONE:** 02/10/17 **Inizio analisi:** 25/09/17  
**Apertura campione:** 25/09/17 **Fine analisi:** 25/09/17

**COMMITTENTE:** Comune di Laterina

**RIFERIMENTO:** Ponte Catolfi - Laterina (AR)

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA': m** 10.5-11.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,9 kN/m<sup>3</sup>**





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03139</b>	Allegato 1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 29/09/17
Apertura campione:	25/09/17
	<b>Fine analisi:</b> 30/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

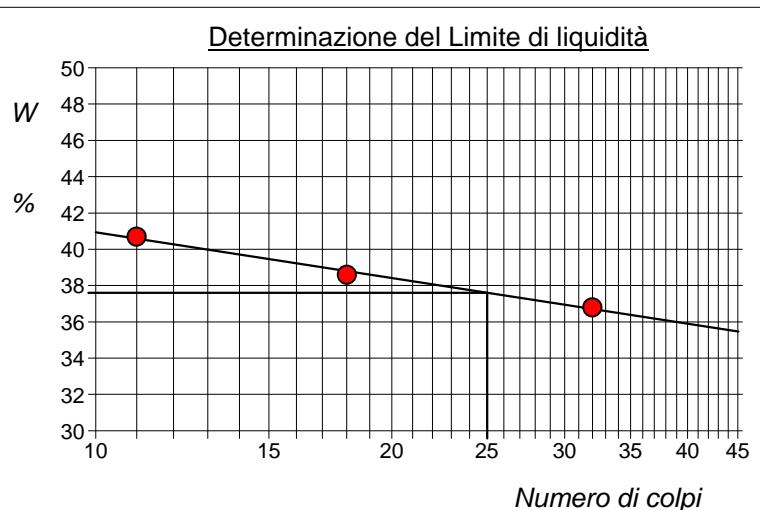
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

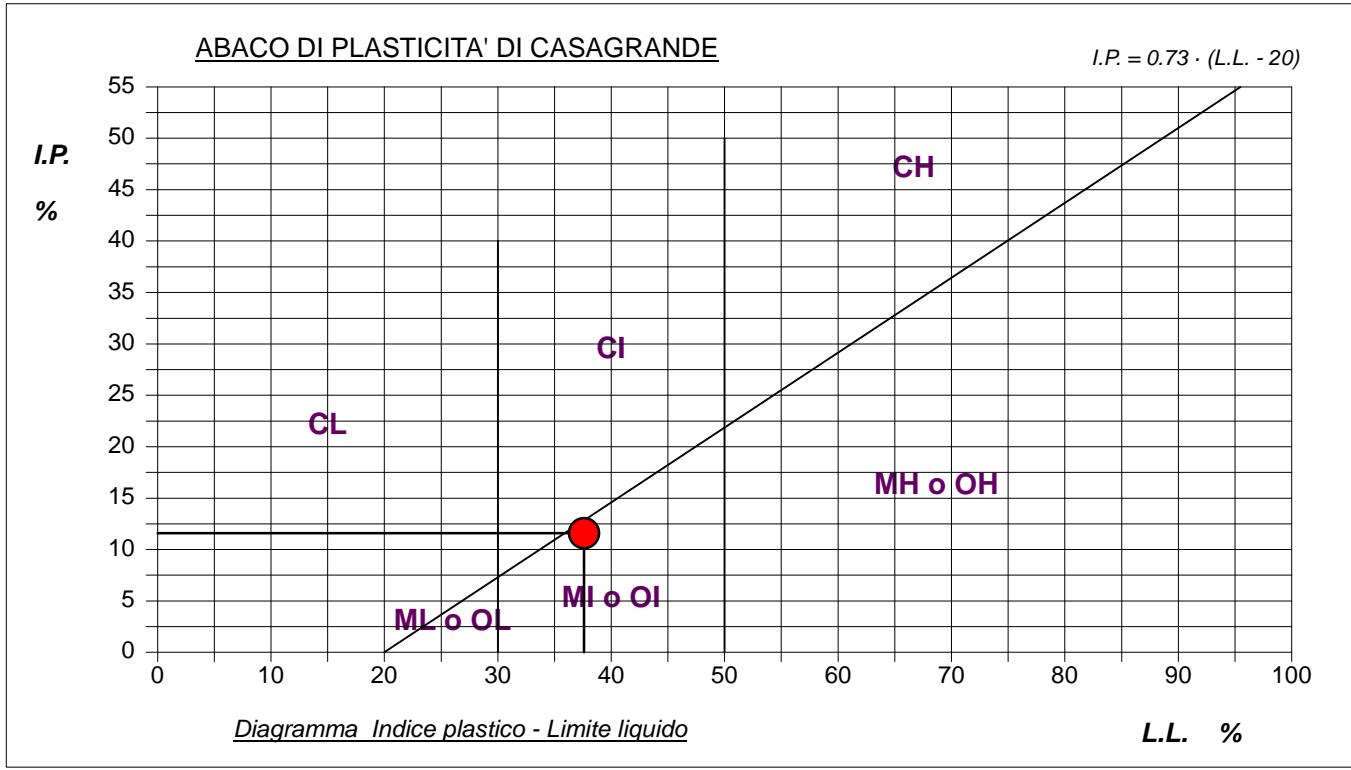
### ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Limite di liquidità	37,6	%
Limite di plasticità	26,0	%
Indice di plasticità	11,6	%
Indice di consistenza	1,40	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
<b>M - Limi inorganici</b>	<b>I - Media compressibilità</b>
<b>O - Argille e limi organici</b>	H - Alta compressibilità





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03140</b>	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 29/09/17
Apertura campione:	25/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

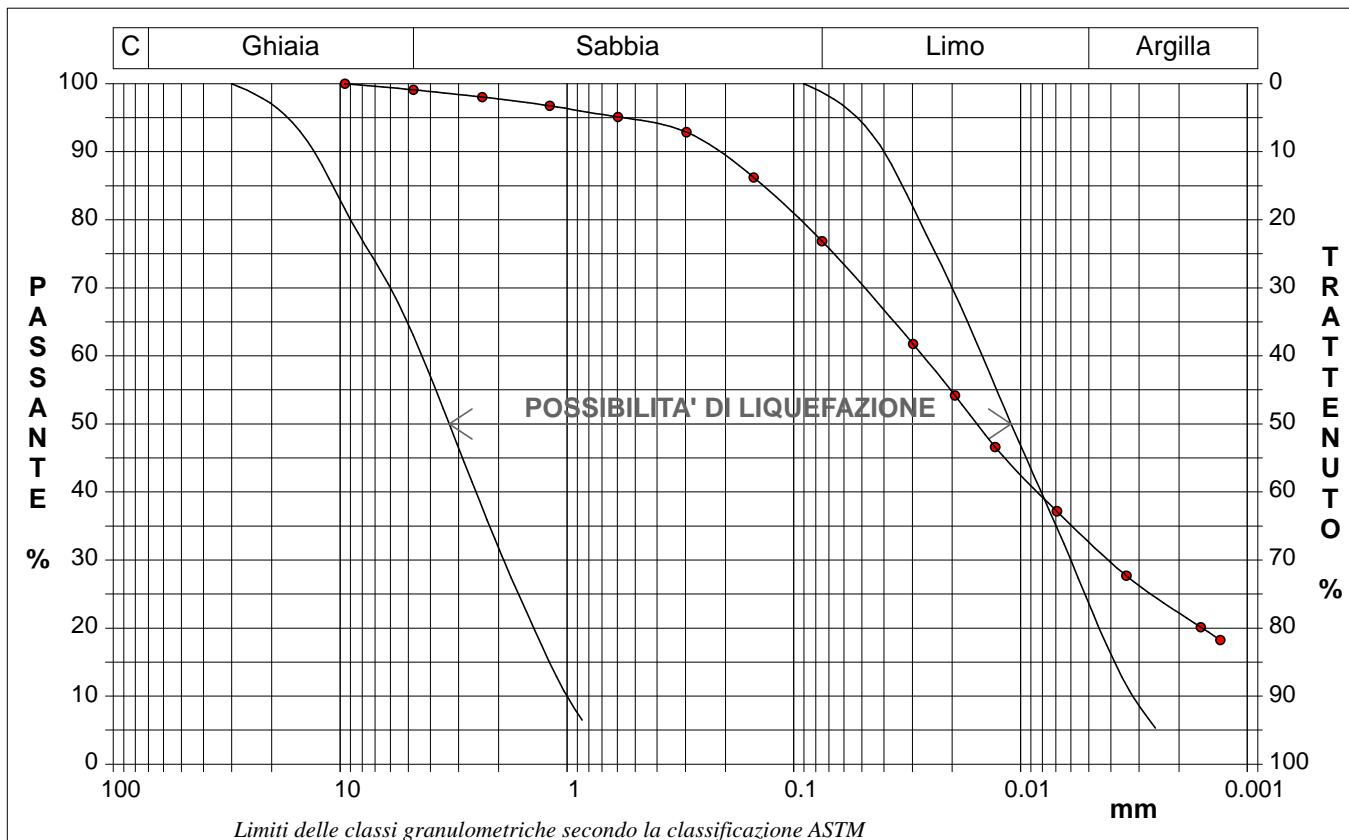
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	97,7 %	D <sub>10</sub>	0,00055 mm	
Sabbia	22,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,8 %	D <sub>30</sub>	0,00405 mm	
Limo	44,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	76,9 %	D <sub>50</sub>	0,01552 mm	
Argilla	32,8 %			D <sub>60</sub>	0,02700 mm	
Coefficiente di uniformità		48,98	Coefficiente di curvatura	1,10	D <sub>90</sub>	0,22113 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %								
9,5200	100,00	0,2970	92,87	0,0129	46,62				
4,7500	99,09	0,1500	86,23	0,0069	37,16				
2,3600	98,03	0,0750	76,85	0,0034	27,70				
1,1900	96,75	0,0298	61,75	0,0016	20,13				
0,5950	95,10	0,0195	54,18	0,0013	18,24				



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03141	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 25/09/17
Apertura campione:	25/09/17
	<b>Fine analisi:</b> 26/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

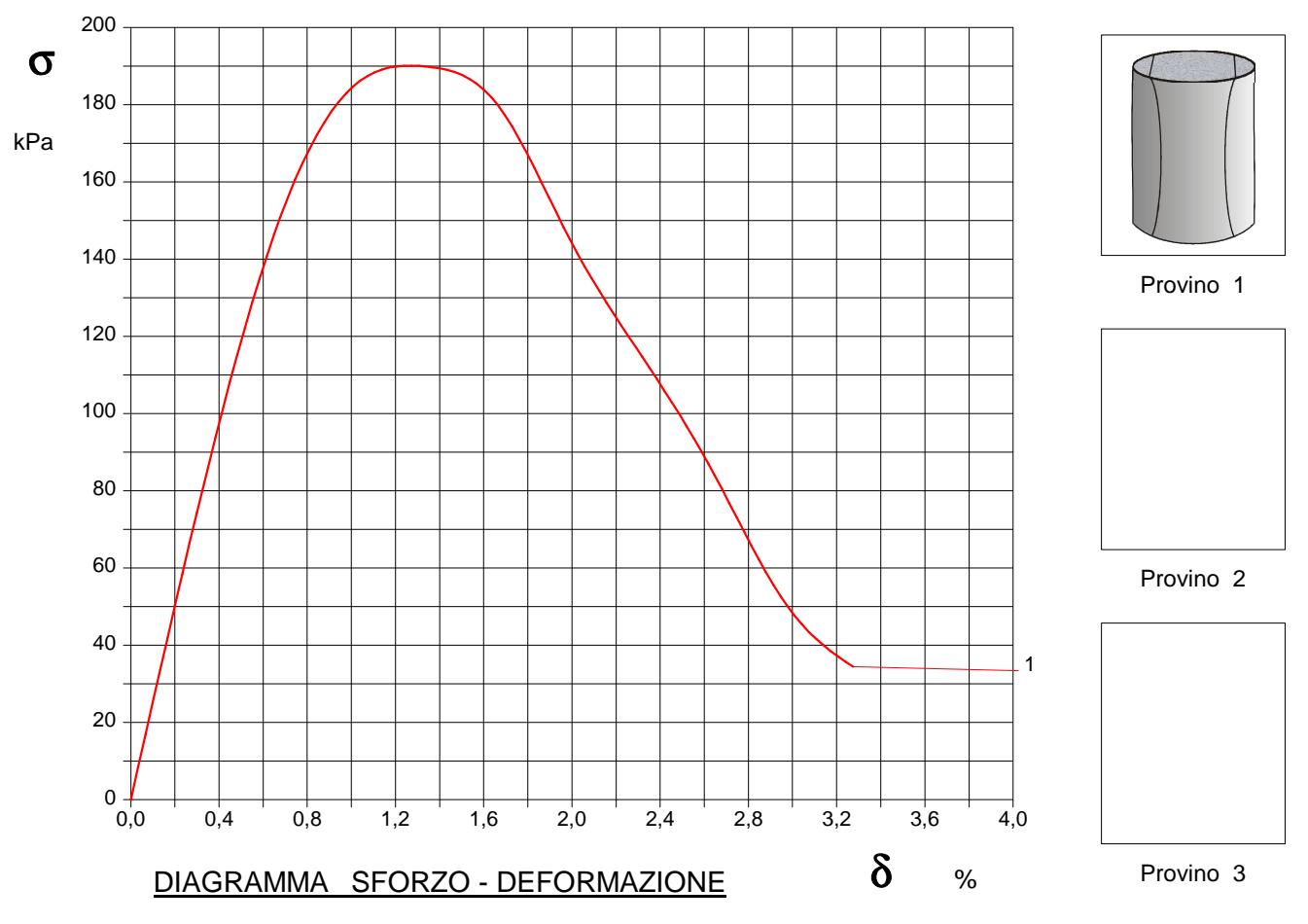
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-85

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	----	----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	----	----
Altezza (cm):	7,62	----	----
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	11,58	----	----
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	18,2	----	----
Umidità naturale (%):	16,3	----	----



Moduli di elasticità kPa	Tangente Secante A rottura	Provino 1: 24587 Provino 1: --- Provino 1: ---	Provino 2: --- Provino 2: --- Provino 2: ---	Provino 3: --- Provino 3: --- Provino 3: ---
-----------------------------	----------------------------------	--	--	--



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
reto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03141</b>	Pagina 0/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 25/09/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328	del 20/09/17	<b>Apertura campione:</b> 25/09/17	<b>Fine analisi:</b> 26/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

## SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

## PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-85



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03142</b>	Pagina 1/4
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
Apertura campione:	25/09/17
	<b>Fine analisi:</b> 02/10/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

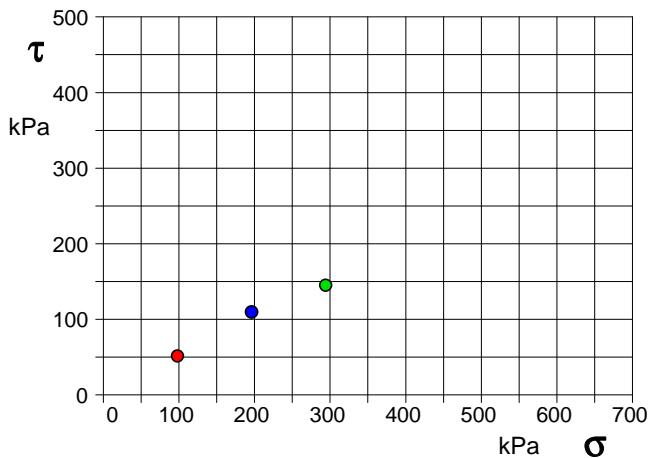
**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

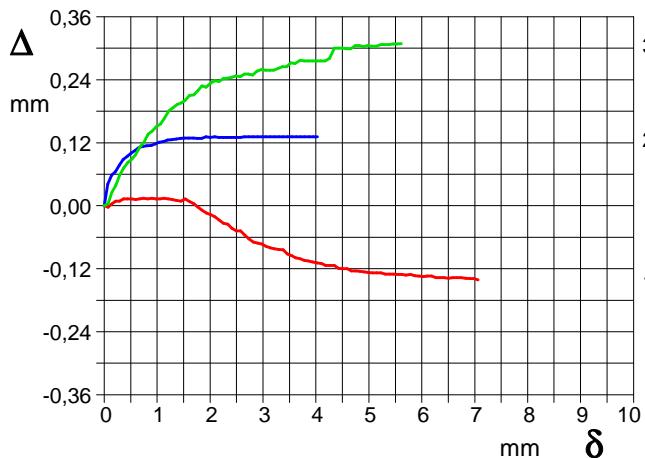
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	52	110	145
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,73	2,16	4,26
Deformazione verticale a rottura (mm):	-0,06	0,13	0,28
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,2	--- 25,0	--- 24,4
Peso di volume (kN/m³):	19,5	20,1	20,1

**DIAGRAMMA**

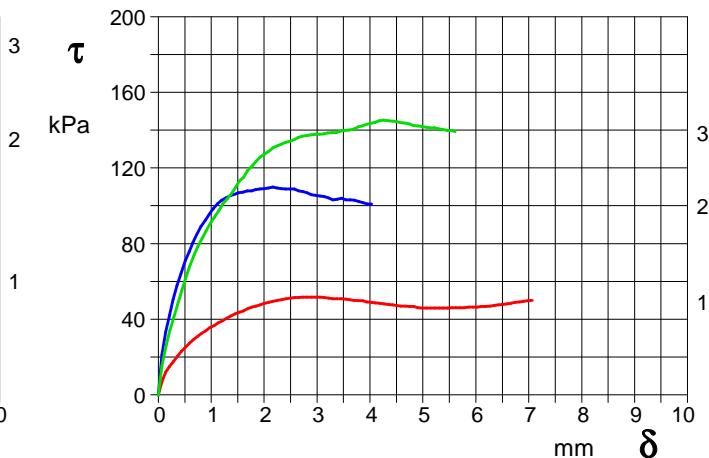
**Tensione - Pressione verticale**



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



**DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.**



**DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.**



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
reto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03142	Pagina 2/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328	del 20/09/17	Apertura campione:	25/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

## SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03142</b>	Pagina 3/4
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
Apertura campione:	25/09/17
Fine analisi:	02/10/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 1**

Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,986
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
D <sub>f</sub> (mm)	7
V <sub>s</sub> (mm/min)	0,000

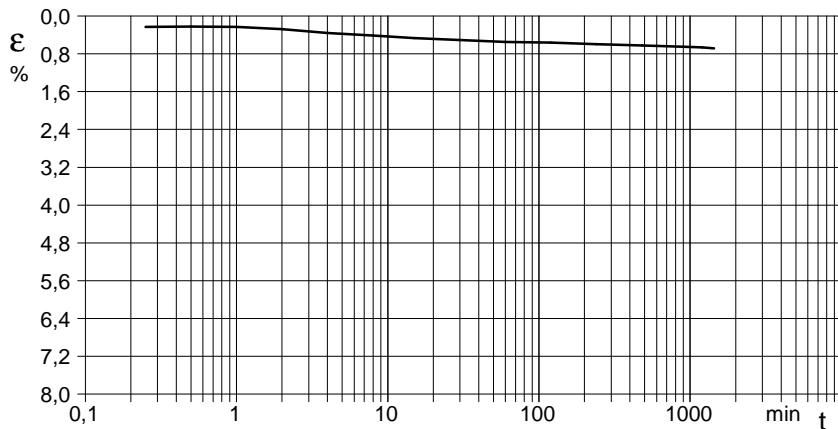


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	1,920
Altezza finale (cm)	1,876
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
D <sub>f</sub> (mm)	7
V <sub>s</sub> (mm/min)	0,000

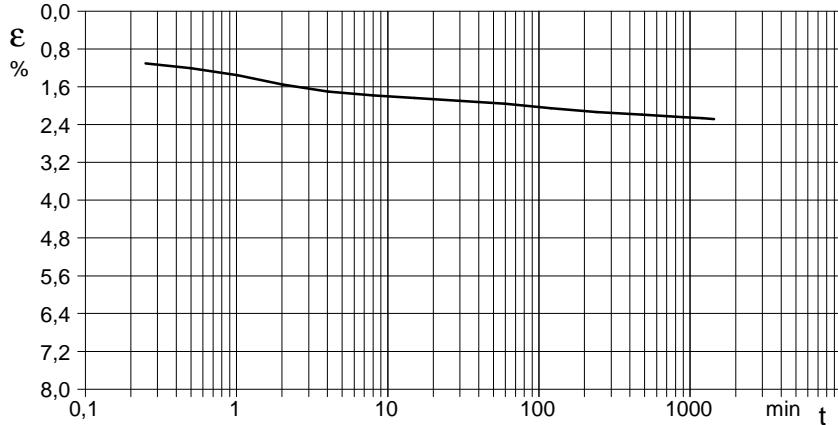
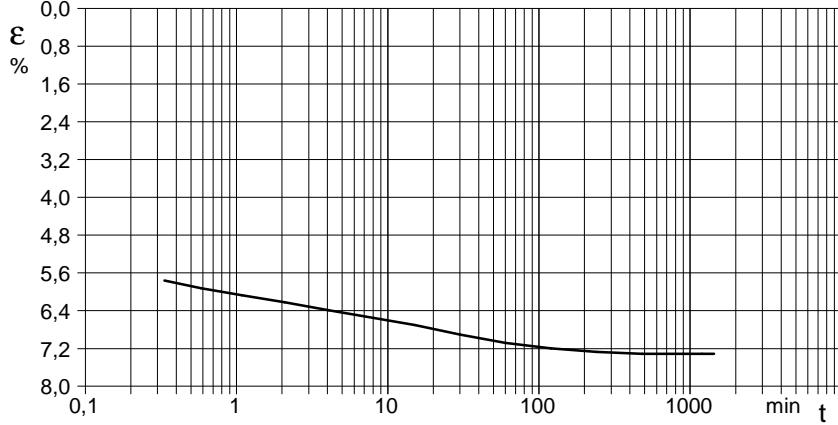


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	1,980
Altezza finale (cm)	1,835
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
D <sub>f</sub> (mm)	7
V <sub>s</sub> (mm/min)	0,000



V<sub>s</sub> = Velocità stimata di prova D<sub>f</sub> = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T<sub>50</sub> V<sub>s</sub> = D<sub>f</sub> / tf



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
reto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03142	Pagina 4/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17		<b>Apertura campione:</b> 25/09/17	<b>Fine analisi:</b> 02/10/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

## SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 10.5-11.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

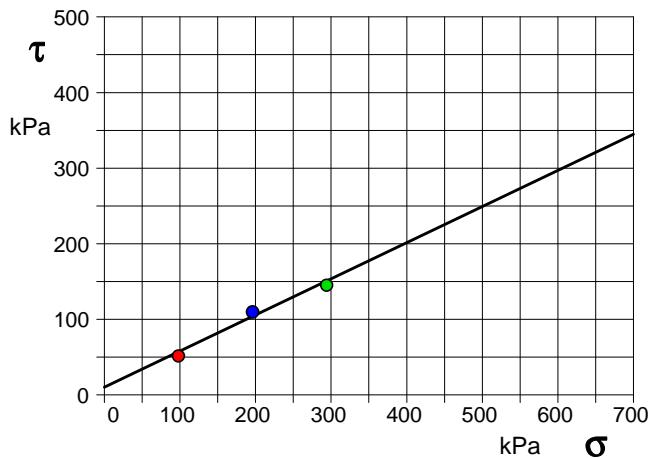
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	52	110	145
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,73	2,16	4,26
Deformazione verticale a rottura (mm):	-0,06	0,13	0,28
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,2	--- 25,0	--- 24,4
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	19,5	20,1	20,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	10,5 kPa
Angolo di attrito interno:	25,5 °



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

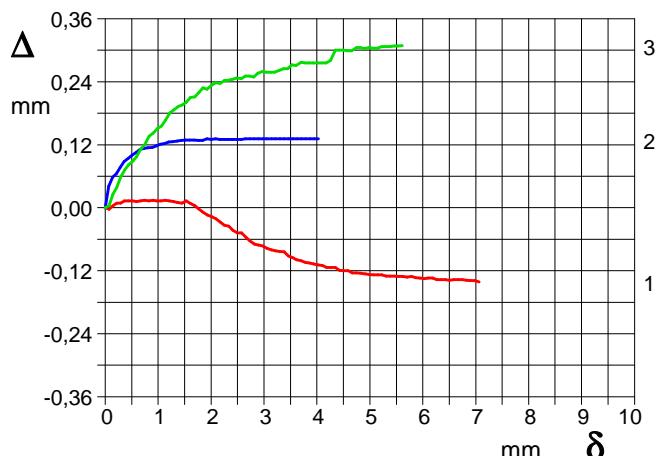


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

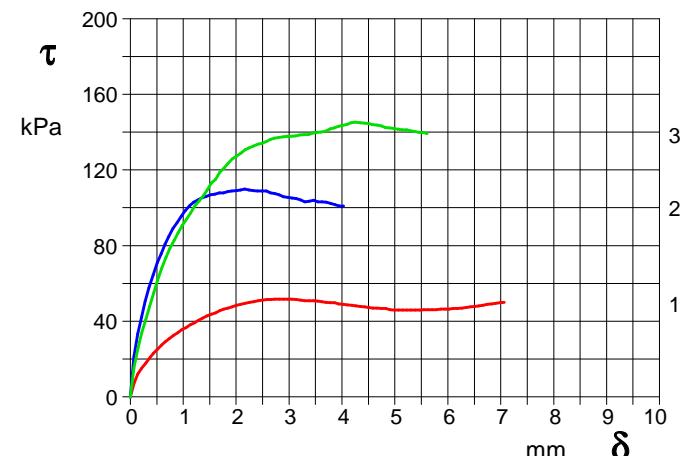


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	39,1	%
Peso di volume	17,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	12,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume satura	17,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	1,058	
Porosità	51,4	%
Grado di saturazione	99,8	%
Limite di liquidità	39,8	%
Limite di plasticità	22,7	%
Indice di plasticità	17,1	%
Indice di consistenza	0,04	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 11

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	%	
Sabbia	0,3	%
Limo	80,9	%
Argilla	18,8	%
D 10	0,001621	mm
D 50	0,019172	mm
D 60	0,022786	mm
D 90	0,050073	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	99,7	%

**COMPRESIONE**

$\sigma$	138	kPa
$c_u$	69	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u$ Rim		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
$C$	26,2	kPa
$\phi$	30,3	°
$C_{Res}$		kPa
$\phi_{Res}$		°

**PERMEABILITÀ'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove CF CS TD GR	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo argilloso
	10				Limo argilloso con litici, consistente Munsell Soil Color Charts : 5Y 5/4 oliva
	20				Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
	30				< 24,5 kPa      molto molle
	40				24,5 - 49,1 kPa      molle
	50				49,1 - 98,1 kPa      plastico
					98,1 - 196,2 kPa      consistente
					196,2 - 392,4 kPa      molto consistente
					>392,4 kPa      duro



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03146	Allegato 1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328	del 20/09/17

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 29/09/17
Apertura campione:	25/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

#### CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

#### ANALISI GRANULOMETRICA

#### LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,7	%

Limite di liquidità	39,8	%
Limite di plasticità	22,7	%
Indice di plasticità	17,1	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6 INDICE DI GRUPPO: 11**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille poco compressibili





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03143	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 25/09/17
<b>Apertura campione:</b> 25/09/17	<b>Fine analisi:</b> 26/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 39,1 %**

Omogeneo

Struttura del materiale:

Stratificato

Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 03144** Pagina 1/1  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17

**DATA DI EMISSIONE:** 02/10/17 **Inizio analisi:** 25/09/17  
**Apertura campione:** 25/09/17 **Fine analisi:** 25/09/17

**COMMITTENTE:** Comune di Laterina

**RIFERIMENTO:** Ponte Catolfi - Laterina (AR)

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

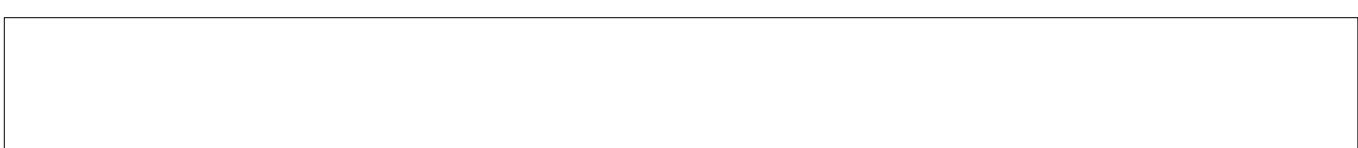
**PROFONDITA': m** 13.0-13.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 17,9 kN/m<sup>3</sup>**





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03145</b>	Allegato 1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 29/09/17
Apertura campione:	25/09/17
	<b>Fine analisi:</b> 30/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

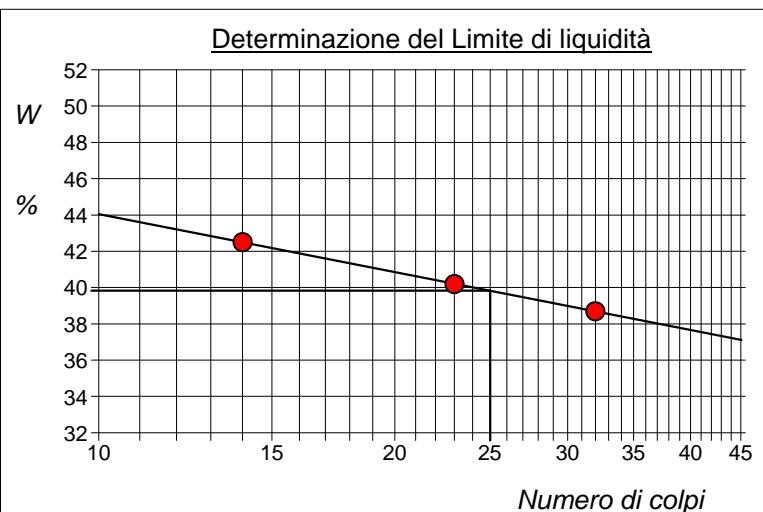
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

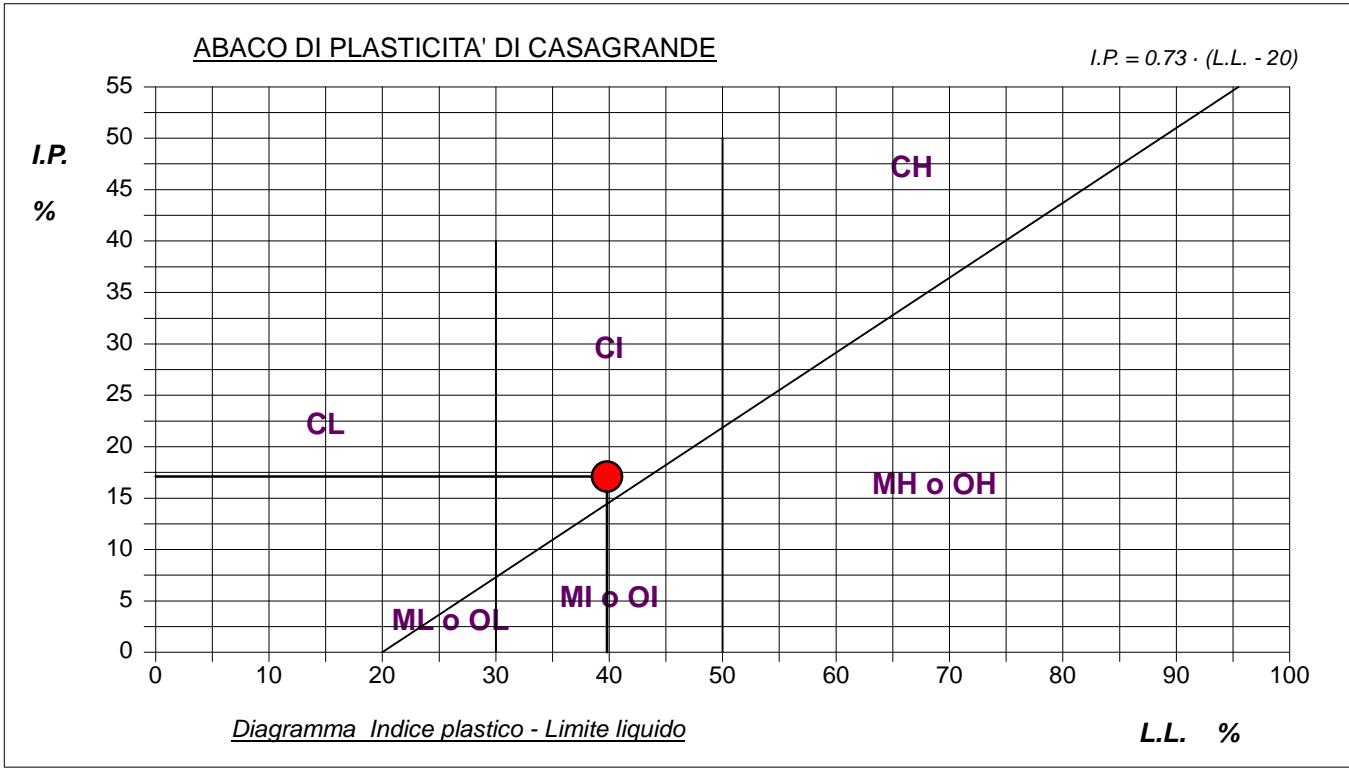
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Limite di liquidità	39,8	%
Limite di plasticità	22,7	%
Indice di plasticità	17,1	%
Indice di consistenza	0,04	
Passante al set. n° 40	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	<b>L - Bassa compressibilità</b>
M - Limi inorganici	
O - Argille e limi organici	<b>I - Media compressibilità</b>
	H - Alta compressibilità





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03146</b>	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 29/09/17
Apertura campione:	25/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

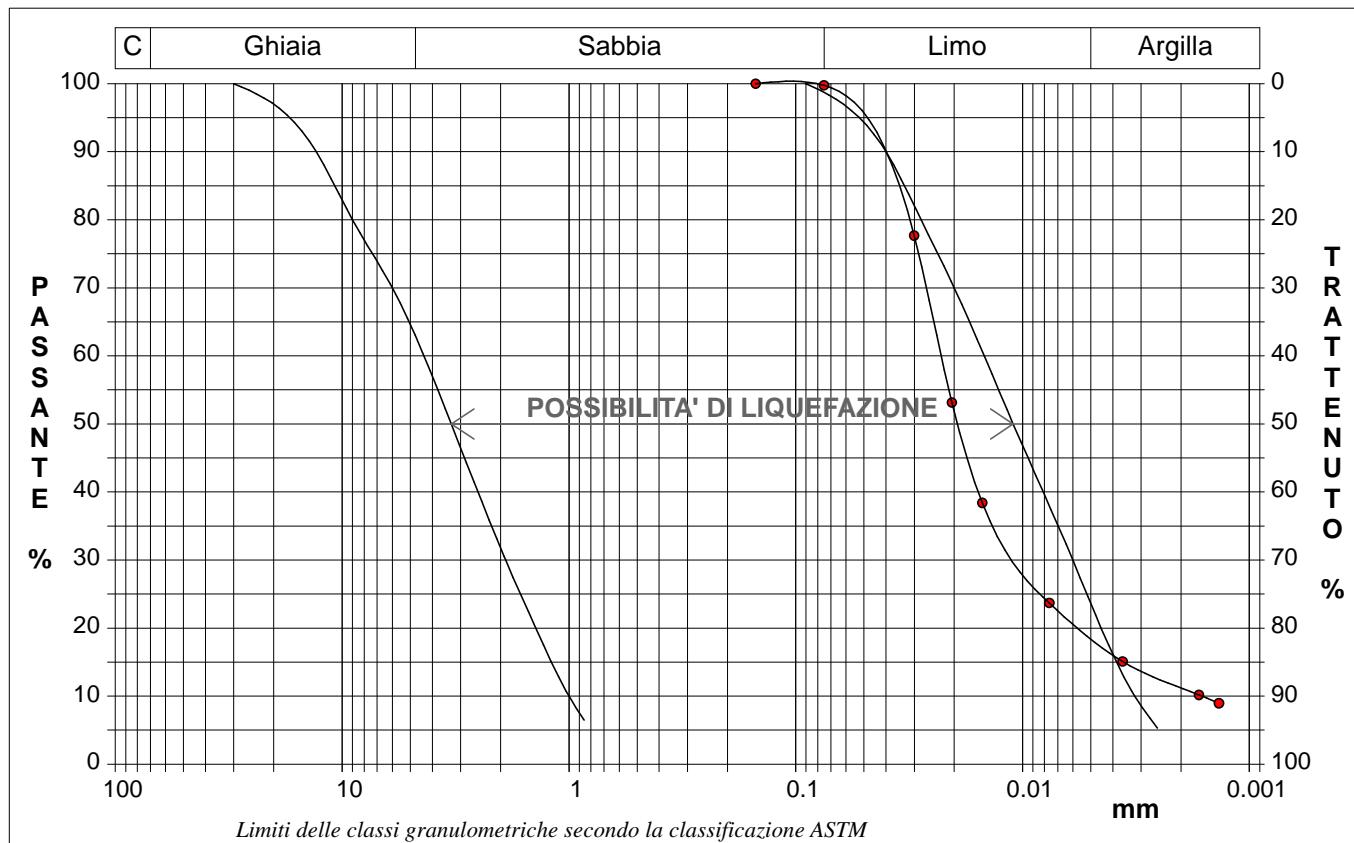
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D <sub>10</sub>	0,00162 mm	
Sabbia	0,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D <sub>30</sub>	0,01021 mm	
Limo	80,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,7 %	D <sub>50</sub>	0,01917 mm	
Argilla	18,8 %			D <sub>60</sub>	0,02279 mm	
Coefficiente di uniformità		14,06	Coefficiente di curvatura	2,82	D <sub>90</sub>	0,05007 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %								
0,1500	100,00	0,0076	23,67						
0,0750	99,74	0,0036	15,08						
0,0300	77,68	0,0017	10,17						
0,0205	53,13	0,0014	8,94						
0,0151	38,40								



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03147	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 25/09/17
Apertura campione:	25/09/17
	<b>Fine analisi:</b> 26/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

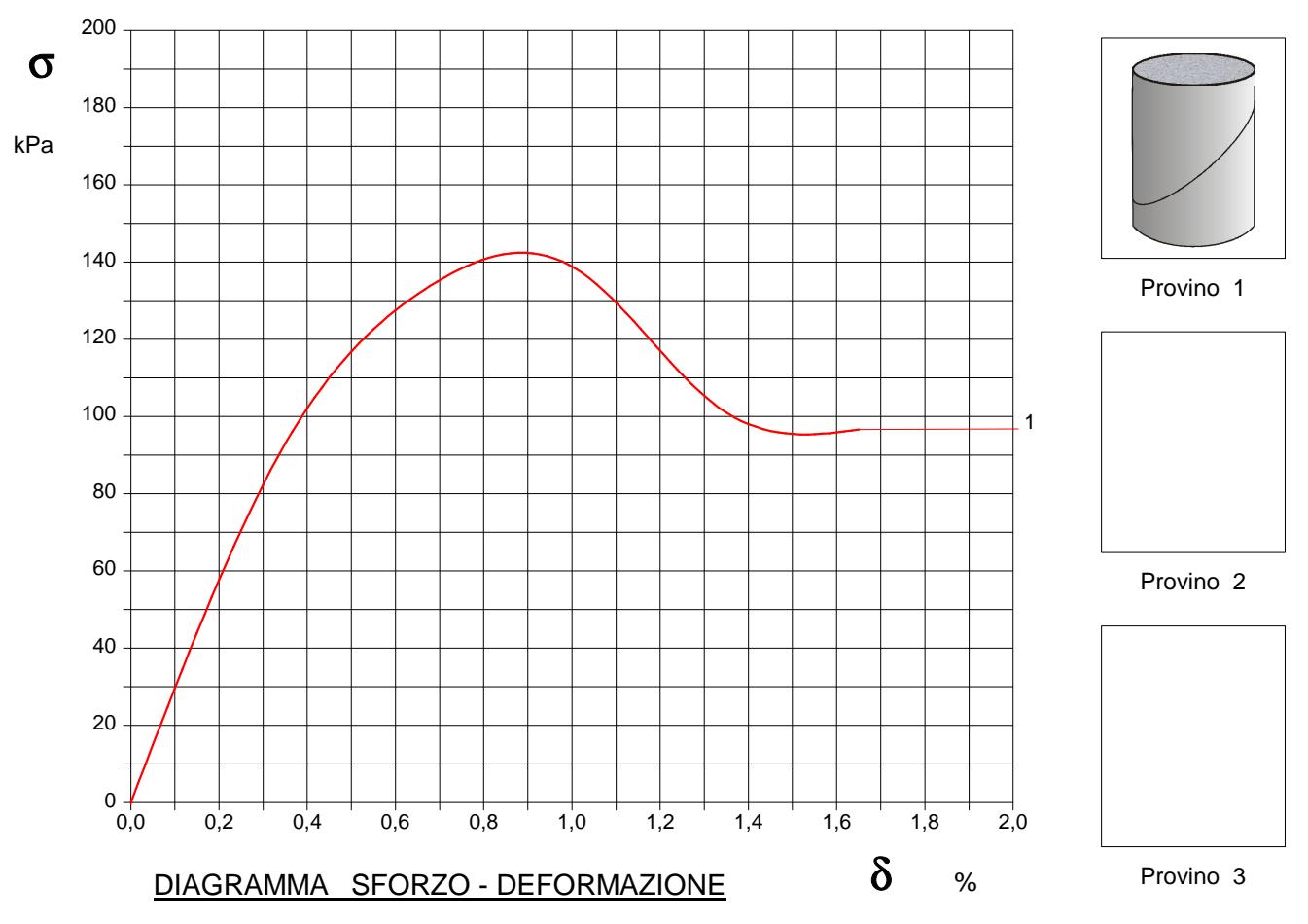
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-85

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	----	----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	----	----
Altezza (cm):	7,62	----	----
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	11,58	----	----
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	17,0	----	----
Umidità naturale (%):	39,0	----	----



Moduli di elasticità kPa	Tangente Secante A rottura	Provino 1: 26554 Provino 1: --- Provino 1: ---	Provino 2: --- Provino 2: --- Provino 2: ---	Provino 3: --- Provino 3: --- Provino 3: ---
-----------------------------	----------------------------------	--	--	--



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terra (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
reto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03147</b>	Pagina 0/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 25/09/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17		<b>Apertura campione:</b> 25/09/17	<b>Fine analisi:</b> 26/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

## SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

## PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-85



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03148</b>	Pagina 1/4
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
Apertura campione:	25/09/17
Fine analisi:	02/10/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

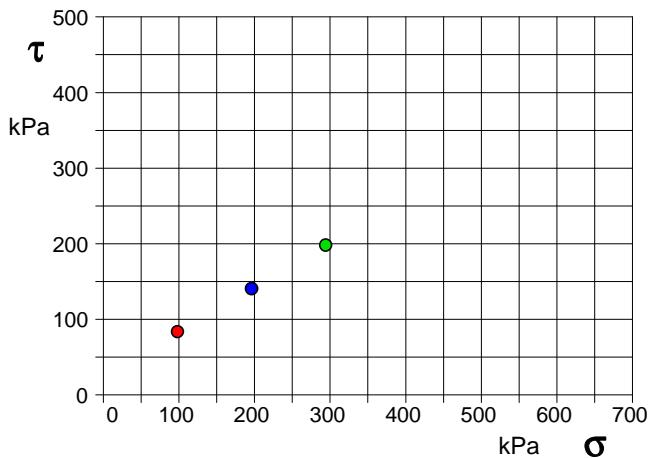
PROFONDITA': m 13.0-13.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

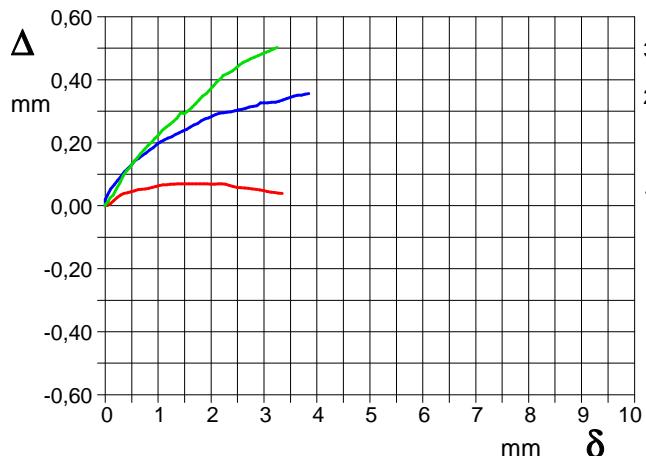
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	84	141	198
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,41	2,37	2,40
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,06	0,30	0,43
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 39,9	--- 38,9	--- 38,2
Peso di volume (kN/m³):	17,9	17,8	17,9

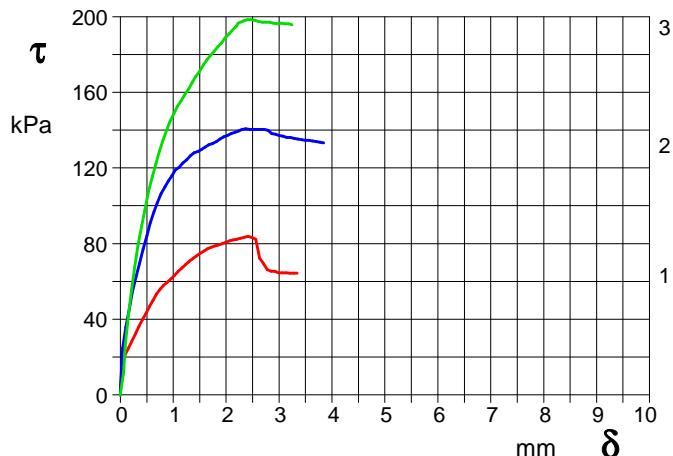
**DIAGRAMMA**  
**Tensione - Pressione verticale**



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



**DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.**



**DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.**



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terra (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
reto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03148	Pagina 2/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328	del 20/09/17	Apertura campione:	25/09/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

## SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 03148	Pagina 3/4
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17	

<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
Apertura campione:	25/09/17
	<b>Fine analisi:</b> 02/10/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13,0-13,5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 1**

Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,976
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

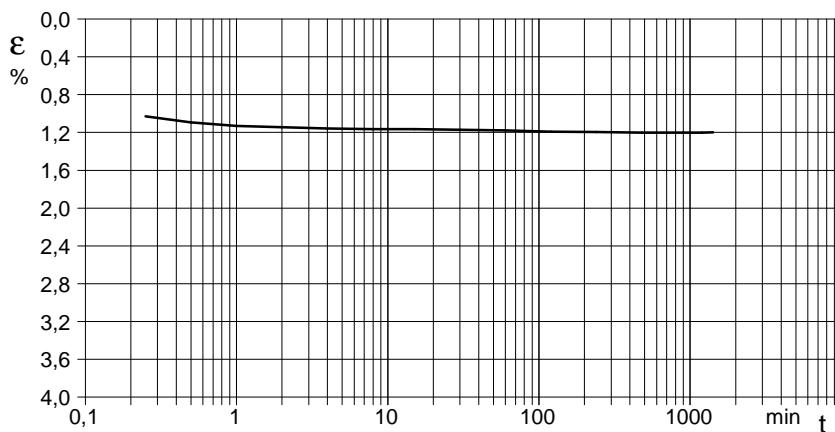


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,939
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

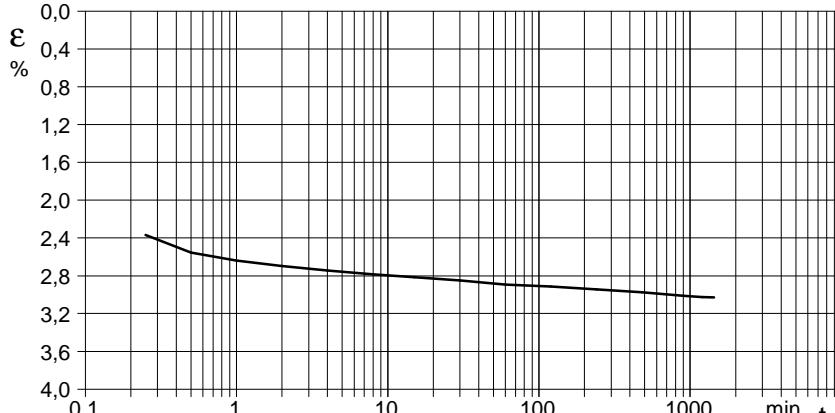
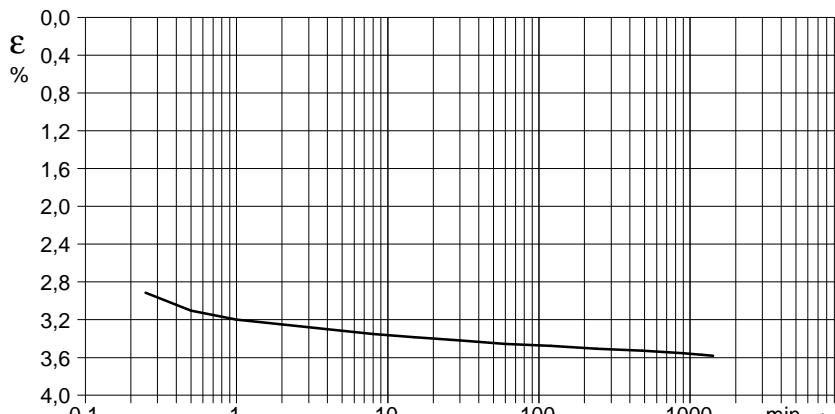


Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO

**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,928
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T<sub>50</sub> Vs = Df / tf



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre**  
reto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03148</b>	Pagina 4/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/10/17	<b>Inizio analisi:</b> 28/09/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 20/09/17		<b>Apertura campione:</b> 25/09/17	<b>Fine analisi:</b> 02/10/17

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

## SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

COMMITTENTE: Comune di Laterina

RIFERIMENTO: Ponte Catolfi - Laterina (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 13.0-13.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

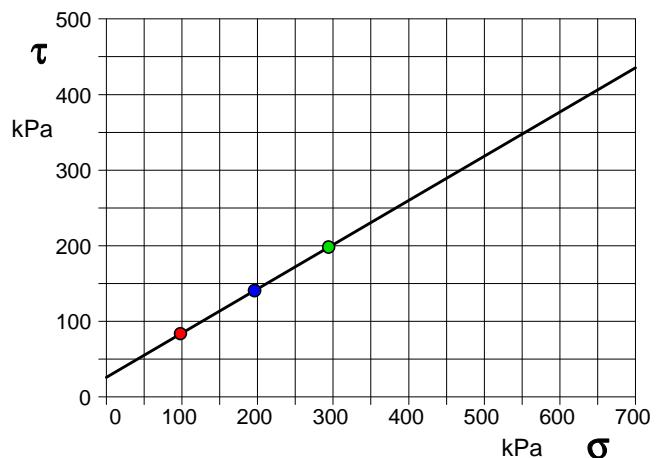
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	84	141	198
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,41	2,37	2,40
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,06	0,30	0,43
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 39,9	--- 38,9	--- 38,2
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> ):	17,9	17,8	17,9

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	26,2 kPa
Angolo di attrito interno:	30,3 °



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

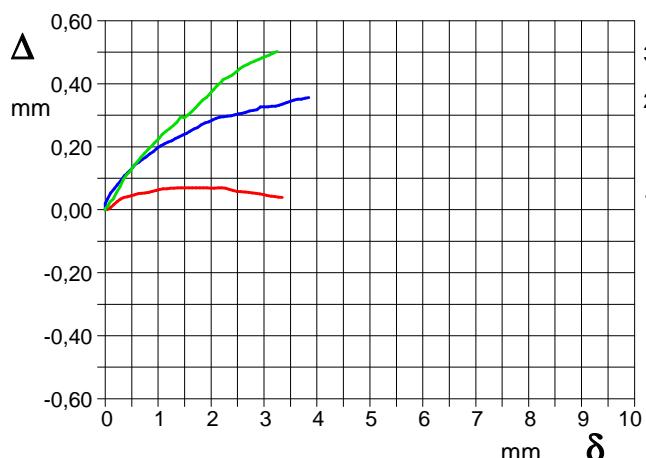


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

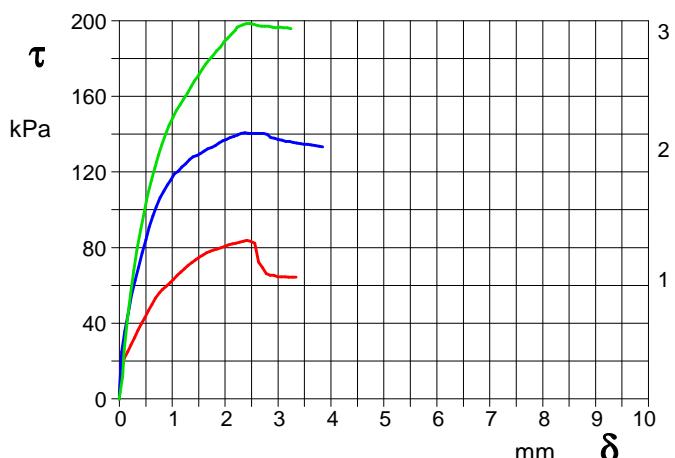


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.