

PROVINCIA DI FIRENZE

COMUNE DI VINCI

## RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

**Oggetto :** relazione geologica di fattibilità ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 a supporto dalla richiesta di variante al Regolamento urbanistico comunale, circa l'intervento finalizzato al recupero e all'espansione delle potenzialità per la valorizzazione museale, artistico-culturale e turistico ricettiva del complesso Villa -Fattoria Baronti Pezzatini.

**Località:** Via Roma-Via Piumati-Via IV Novembre

**Committente:** Signora Iraya Gilmutdinova Fondazione Pedretti

Montefollonico, 21 luglio 2016

Il tecnico

**Dott. Geol. Andrea Tonini**

(Ordine dei Geologi della Toscana n. 1086)



## 1. Premessa

Su incarico della Signora Iraya Gilmutdinova-Fondazione Pedretti, il sottoscritto Dott. Geol. Andrea Tonini, iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana n° 1086 e residente a Montefollonico (SI) Via Ansano Landucci 86, ha redatto questo studio geologico-geotecnico di fattibilità di supporto alla richiesta di variante al Regolamento urbanistico per il recupero della Villa Baronti-Pezzatini e dele ex pertinenze agricole poste in Vinci (FI), Via Roma-Via Piumati-Via IV Novembre. Nell'attuale Ru del Comune di Vinci il perimetro dell'area sottoposta a PA02 non comprende l'intera proprietà: rimane esclusa infatti la particella 112 che rappresenta una piccola corte interna della porzione agricola. La richiesta di variante valuta la possibilità di inserire tale particella all'interno del perimetro del PA02, oltre alla realizzazione di alcuni interventi in ampliamento con connessione funzionale agli edifici esistenti.

L'art. 154 delle NTA del Ru stabilisce al comma 2:

*"Nel caso di varianti al Regolamento Urbanistico l'individuazione della categoria di fattibilità sarà ottenuta valutando la classe di pericolosità geologica, idraulica e sismica dell'area oggetto della variante con la tipologia dell'intervento ammesso secondo lo stesso schema a matrice indicato al punto precedente".*

Pertanto sulla base di tale schema e delle indagini geognostiche/geofisiche effettuate o previste andrà valutata la possibilità di inserire la particella 112 all'interno del PA02 e della realizzazione degli interventi in ampliamento in progetto.

L'area in esame rientra nella sezione 274040 della Carta Tecnica della Regione Toscana alla scala 1:10.000. Catastralmente l'edifici oggetto dell'intervento nel suo complesso sono compresi nel Foglio di Mappa n° 21 del Comune di Vinci, particelle 110 porzione 111,112,113,114,368.

Tale relazione è stata redatta in ottemperanza alla vigente normativa:

D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) successiva circolare n. 617 del 02.02.2009

D.P.G.R. 09.07.2009 n. 36/R

D.P.G.R. n.53/R/2011

D.P.G.R. n. 878 del 08.10.2012

L.R. n.65/14

D.C.R.T. n.72/07 (PIT)

D.P.C.M. n.226 del 05/11/99

L.R. n.21/2012 PGRA (Piano di Gestione Rischio di Alluvioni) definitivamente approvato con Del.C.I. n.235 del 03/03/2016

Strumenti urbanistici del Comune di Vinci

L'area in esame rientra dal punto di vista urbanistico nell'area **L3, attrezzature turistiche, Sistema dei luoghi centrali**. L'area è soggetta a Piano Attuativo PA02 ed eventuale Progetto Norma e del Regolamento urbanistico comunale. Non siamo in questo caso, in presenza di vincolo idrogeologico. Per maggiori dettagli sulla vincolistica urbanistica viene fatto riferimento alla relazione tecnica dei progettisti.

## **2. Inquadramento geologico**

### **2.1.Introduzione generale**

Geologicamente l'area è localizzata nell'Appennino settentrionale costituito da enormi masse rocciose di notevole estensione orizzontale (falde o unità tettoniche) che durante i movimenti di compressione dell'orogenesi alpina (Oligocene sup.-Pliocene inf.) si sono spostate dal loro luogo di origine di decine o centinaia di chilometri impilandosi le une sulle altre.

Più esattamente l'area è inserita lungo la dorsale M.Orsaro-Monti del Chianti – M. Cetona che scorre parallelamente alla catena appenninica e divide il bacino di sedimentazione marina neoautoctona da i bacini più interni di sedimentazione lacustre Villafranchiana. Infatti, nei settori più interni della catena, alla tettonica compressiva si sostituì quella di tipo distensiva che determinò la scomposizione dell'edificio appenninico in un sistema di alti strutturali e fosse tettoniche con allineamento NO-SE esercitando un marcato controllo sulla sedimentazione neoautoctona. Nella parte più orientale della catena appenninica, la trasgressione marina miocenica e pliocenica ha raggiunto la dorsale dei Monti del Chianti: qui lungo la linea di costa si instauravano potenti sedimentazioni di delta-conoidi originate dalla sedimentazione dei paleo-fiumi che sfociavano nel mare pliocenico. Durante i movimenti orogenici brandelli della crosta oceanica vennero strappati dal fondo del mare e trascinati insieme a sedimenti marini.

Il rilievo sul quale si trova l'area esaminata in questa relazione è costituito da terreni sabbiosi, sabbioso-argillosi con a tratti livelli di ghiaie il che testimoniano quello che erano un tempo queste zone e cioè la linea di costa del mare pliocenico. Tali sedimentazioni neogeniche poggiano in discordanza sul substrato costituito dal Macigno tipico del Montalbano.

## **2.2. Caratteristiche geologiche**

La formazione interessata dal presente intervento è:

### **DEPOSITI FLUVIALI E LACUSTRI DEL BACINO DI LUCCA- MONTECARLO-VINCI**

#### **SBS - Sabbie e conglomerati di Sant'Ansano (Pliocene inf./medio):**

sabbie siltose grossolane con lenti di conglomerati costituiti da clasti di arenaria del Macigno; le sabbie contengono spesso malacofauna marina.

## **3. Geomorfologia e idrologia**

L'area di intervento è situata all'interno del centro abitato di Vinci, ad una quota di circa 75 m slm.

L'area del centro abitato risulta complessivamente stabile, non essendo interessata dai movimenti gravitativi. Nei dintorni possono essere individuate delle scarpate e rotture di pendio causate dalla diversità di reazione delle litologie presenti all'attività erosiva delle acque meteoriche dilavanti. Gli edifici della proprietà e gli altri presenti nelle vicinanze non presentano lesioni o altri segni che ci riconducono anche fenomeni di instabilità antichi.

L'area di intervento è sostanzialmente pianeggiante in quanto antichi interventi antropici hanno regolarizzato le eventuali irregolarità del terreno naturale presenti lungo il crinale della collina. Il crinale del colle presenta i bordi posti al di fuori del nucleo edificato con discrete acclività, in certi casi con andamento sub-verticale ma, anche questi, caratterizzati da stabilità pregressa.

Le acque meteoriche sono raccolte dal sistema di smaltimento delle acque comunale e sono pertanto indirizzate verso i due corsi d'acqua esistenti a valle dell'abitato.

## **4. Idrogeologia**

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche non è stata individuata falda. Si presume che la falda principale possa essere individuata all'interno del substrato lapideo costituito dal Macigno. Le Sabbie e conglomerati di Sant'Ansano presenti in corrispondenza di Villa Pezzatini e quindi dell'area indagata hanno una permeabilità media (indicata anche dalla Relazione di Sintesi del Piano strutturale) ma non danno notizie della presenza di una falda sfruttabile a profondità limitate.

## **5. Pericolosità geologica, idrogeologica, idraulica e sismica ai sensi del D.P.G.R. 53/R/11 secondo il RU attuale**

In data 27.03.2014 con Delibera di C.C. n. 10 è stata approvata la variante di minima entità al Piano strutturale del Comune di Vinci. La detta variante ha l'obiettivo di aggiornare le carte della pericolosità idraulica, della pericolosità geologica, della pericolosità sismica e conseguentemente, i relativi articoli delle NTA (Titolo XIII) oltre a piccole modifiche e precisazioni alle NTA riguardo agli standard ed al dimensionamento. La carta della pericolosità geomorfologica del P.S. del comune di Vinci pone il sito oggetto della presente relazione in area di **classe G2 (pericolosità media)** cioè *area con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.*

La carta della perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario fenomeni franosi- livello di dettaglio dell'Autorità di Bacino del fiume Arnostralcio n. 260 aggiornata al 18.02.2014 non pone l'area oggetto dell'intervento in alcuna classe di pericolosità. **L'interventi previsti non andranno a incrementare la pericolosità dell'area.**

Data la condizione altimetrica, per come definita nella Ex Del. 230/94, la **pericolosità idraulica è irrilevante**: nella cartografia del Piano strutturale l'area risulta essere inserita in **classe di pericolosità I1 (bassa)**.

In seguito alla classificazione sismica introdotta dalla Regione Toscana con la delibera del 19 giugno 2006 n. 431 il territorio comunale di Vinci è stato inserito nella **zona 3** a bassa sismicità.

Con la nuova delibera G.R.T. n. 878 del 08.10.2012 si è reso necessario l'aggiornamento al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle NTC 2008 e di rendere la classificazione sismica maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto dalle vigenti norme. Secondo tale aggiornamento la classificazione sismica del Comune di Vinci non è variata, rimanendo **in zona 3**.

Il valore convenzionale di  $a_g$ , espresso come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare per la **zona 3 è di 0.15 g**.

Il Comune di Vinci ha eseguito nell'anno 2014 uno studio di microzonazione sismica di I livello, introducendo degli elaborati a variante del PS, in particolare a sostituzione della tavola C 6.3 relativamente alla Pericolosità sismica locale.

È stata pertanto realizzata una nuova cartografia comprendente la *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e delle frequenze fondamentali* e la *Carta geologico-tecnica per la micronazione sismica e delle indagini*. Nella prima sono state distinte zone stabili a diversa suscettibilità di amplificazione locale: l'area di Villa Pezzatini è stata inserita in **classe S2 (media) di pericolosità sismica**, viene indicata come **zona**

**16** con spessore medio dei terreni di copertura (*costituiti da ghiaie e sabbie da medie a grossolane, da moderatamente addensate ad addensate, stratificate*) di 35 m. La Carta geologico-tecnica indica come terreno di copertura la presenza di *sabbie pulite ben assortite, sabbie ghiaiose di depositi marini, da poco a moderatamente addensate, stratificate*, andando a ribadire quanto detto nella carta precedente.

## **6. Indagini geognostiche e geofisiche**

Al fine di fornire una particolareggiata caratterizzazione dell'area sia dal punto di vista geotecnico che dal punto di vista geofisico, in accordo con la direzione lavori, è stata eseguita una serie di indagini in sito consistenti in n. 4 penetrometrie statiche/dinamiche, una indagine sismica tipo MASW, una indagine sismica a rifrazione e due indagini HVSR (indagine sismica passiva HVSR Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura). Quest'ultima indagine permette la caratterizzazione sismica dei terreni ed è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito.

Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

Tali indagini hanno consentito di acquisire una specifica conoscenza delle caratteristiche idro-geo-litologiche e fisico-meccaniche del sottosuolo esaminato, in modo da fornire tutti gli elementi necessari per la progettazione delle strutture in ampliamento previste e per poter esprimere un motivato giudizio di fattibilità geologica, idraulica e sismica ai sensi del D.P.R.G. n.53/R/2011.

L'unione di tali indagini ha confermato l'assenza nelle prime decine di metri di un substrato roccioso. E' presente un picco che induce a posizionare la presenza del substrato ad una profondità compresa tra 70 m e 80 m.

Le indagini geognostiche (penetrometrie) sono state eseguite in prossimità della Villa, della porzione di giardino dove sarà realizzato l'ycocedron e nel piazzale tra la Villa e l'annesso agricolo, antica aia del complesso.

Le coordinate e le profondità raggiunte delle rispettive prove sono le seguenti:

DPSH 1: Latitudine: 43.785971° Longitudine: 10.925810 prof. 9,20

DPSH 2: Latitudine: 43.786168° Longitudine: 10.925801 prof. 6,60

CPT1/DPSH 3: Latitudine: 43.785718° Longitudine: 10.925497 prof. 7,40

DPSH 4: Latitudine: 43.785788° Longitudine: 10.925572 prof. 5,20

Vedi anche allegati.

La penetrometria statica è stata eseguita con penetrometro statico tipo PAGANI 63/200 da 10/20 t, velocità di avanzamento 2 cm/s, punta conica meccanica tipo "Begemann"  $\varnothing = 35,7$  mm, angolo di apertura  $60^\circ$ , area punta  $10 \text{ cm}^2$ , manicotto laterale  $\varnothing 35,7$  mm, h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ .

Le penetrometrie dinamiche sono state eseguite con penetrometro DPSH S.Heavy con le seguenti caratteristiche tecniche:

peso massa battente 63,50 kg, altezza caduta libera 0,75 m, peso sistema battuta 30,00 kg, diametro punta conica 50,50 mm, area di base punta conica  $20 \text{ cm}^2$  angolo apertura punta  $90^\circ$ , avanzamento punta 0,20 m.

Le indagini sismiche sono state realizzate nel giardino dove verrà realizzato l'ycocedron (linea 1 indagine a rifrazione e HVSR) e nell'aia tra la Villa e la fattoria (linea 2 indagine MASW e HVSR).

La ditta esecutrice delle indagini geognostiche e geofisiche è la Geognostica fiorentina s.r.l. di Scandicci (FI).

## **7. Ricostruzione stratigrafica del sottosuolo**

Le penetrometrie eseguite hanno dato indicazioni sulla stratigrafia del sottosuolo presente nella proprietà di Villa Pezzatini; in corrispondenza del giardino della Villa i litotipi del sottosuolo passano da probabili riporti piuttosto addensati, quindi antichi, a terreni della serie pliocenica tipo sabbie limose poco addensate a sabbie e sabbie argillose addensate. La profondità del passaggio risulta essere intorno a 3,60-4,00 dal piano del giardino.

Le indagini eseguite invece di fronte all'ingresso e in corrispondenza dell'aia indicano la presenza delle sabbie plioceniche a livello leggermente superiore (2,60-3,00 m dal p.c.).

A queste profondità le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti sono generalmente buone, con resistenze medio-elevate.

Sostanzialmente siamo di fronte a terreni della serie pliocenica tipica dell'area come indicato nella cartografia allegata.

## **8. Fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 53/R/11 secondo il RU attuale**

Gli studi redatti per il R.U per l'area in esame esprimono le seguenti pericolosità:

- **Pericolosità geologica Classe G.2:** areale posto sul crinale con substrato costituito da terreni prevalentemente argilloso-sabbiosi con bassa propensione al dissesto.

- **Pericolosità idraulica Classe I.1:** areale non soggetto alle dinamiche fluviali.
- **Pericolosità sismica Classe S.2:** l'area di intervento risulta compresa all'interno della microzona Z16 della carta delle MOPS caratterizzata da un substrato stabile suscettibile di amplificazioni locali per l'esistenza di un contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido la cui profondità è stimabile in oltre i 70 metri. In queste condizioni non si determinano effetti di amplificazione delle onde sismiche in superficie.

Conseguentemente in relazione alla pericolosità ed al tipo di intervento previsto il Regolamento Urbanistico attuale esprime le fattibilità geologica, sismica e idraulica attraverso l'abaco seguente,.

TIPI DI INTERVENTO AMMESSI	PERICOLOSITÀ											
	GEOLOGICA				IDRAULICA				SISMICA			
	G.1	G.2	G.3	G.4	I.1	I.2	I.3	I.4	S.1	S.2	S.3	S.4
MANUTENZIONE ORDINARIA (MO) MANUTENZIONE STRAORDINARIA (MS) RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO (RC1/RC2) RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA (R1/R2/R3) DEMOLIZIONE SENZA RICOSTRUZIONE (D)	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1
MANUTENZIONE ORDINARIA (MO) MANUTENZIONE STRAORDINARIA (MS) RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO (RC1/RC2) RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA (R1/R2/R3) CON AUMENTO DI CARICO URBANISTICO	F1	F2	F3	F3	F1	F2	F3	F4*	F1	F2	F3	F3
INTERVENTI DI AMPLIAMENTO (AM) SUPERIORI A 20 MQ	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4*	F1	F2	F3	F4

La Scheda di fattibilità riferita al Piano Attuativo indicato come PA 02 indica le seguenti classi di fattibilità:



- **Fattibilità geologica F2:** Per l'attuazione dell'intervento, qualora si intervenga con opere strutturali, andrà valutata la necessità di effettuare i normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR.n.36/R/09 e NTC 2008) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione a livello di progetto esecutivo. Le sistemazioni delle aree a verde, anch'esse di tipo conservativo dovranno seguire quanto prescritto nell'art.153 delle NTA del R.U.
- **Fattibilità idraulica F.1:** Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti.
- **Fattibilità sismica F.2:** Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti oltre alle normali indagini geofisiche previste dal DPGR.n.36/R/09 e dalle NTC 2008 da realizzare in sede di progetto esecutivo qualora si intervenga con modifiche strutturali.

Per la nuova definizione della fattibilità degli interventi in progetto si sono verificate le problematiche, geologiche, idrauliche e sismiche, che possono portare a specifici condizionamenti e/o limitazioni, mediante indagini geologiche e sismiche ai sensi della normativa vigente (DM.14/1/2008 e DPGR.n.36/R/09). Sulla base delle situazioni geologiche individuate con le indagini e sulla base delle caratteristiche urbanistiche di ciascun intervento proposto, si è prodotta una nuova scheda di fattibilità specifica in cui, a partire dalle condizioni di pericolosità geologica, idraulica e sismica del contesto locale, si è definita la relativa fattibilità dell'intervento.

Allo stato attuale il Piano Attuativo indicato come PA 02 definisce un perimetro che non comprende l'intera proprietà, la quale però si estende alla corte interna posta sul lato nord della proprietà a confine con via IV Novembre, e non prevede gli interventi in ampliamento e la conseguente connessione funzionale degli stessi. Pertanto viene proposto dal progettista l'inserimento di un Progetto Norma in cui si vada a conciliare la tutela dei fabbricati, nel rispetto e conferma delle categorie attuali di restauro degli edifici (CO) e (CS), previste dalle NTA del Regolamento Urbanistico comunale, con gli ampliamenti previsti.

## 9. Fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 53/R/11 secondo le indagini eseguite e gli interventi previsti

In questa relazione, come già specificato, viene presa in considerazione la possibilità di inserire una particella catastale di proprietà della committenza all'interno del perimetro dell'area sottoposta a PA02 del Comune di Vinci, inoltre viene presa in considerazione la possibilità di realizzare modifiche relative ad ampliamenti di superficie e di volume. Tale particella, indicata con il n. 112, rappresenta una piccola corte chiusa di pertinenza al fabbricato ex agricolo abbinato alla residenza padronale denominato Villa Pezzatini.

Attualmente la particella da inserire risulta pienamente compatibile per quanto riguarda le caratteristiche di pericolosità geologica sismica e idraulica con il resto della proprietà. Le indagini eseguite confermano del tutto quanto sopra. Pertanto la definizione delle classi di pericolosità relative al nuovo perimetro proposto sono le seguenti:

- **Pericolosità geologica Classe G.2:** areale posto sul crinale con substrato costituito da terreni prevalentemente argilloso-sabbiosi con bassa propensione al dissesto.
- **Pericolosità idraulica Classe I.1:** areale non soggetto alle dinamiche fluviali.
- **Pericolosità sismica Classe S.2:** l'area di intervento risulta compresa all'interno della microzona Z16 della carta delle MOPS caratterizzata da un substrato stabile suscettibile di amplificazioni locali per l'esistenza di un contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido la cui profondità è stimabile in oltre i 70 metri. In queste condizioni non si determinano effetti di amplificazione delle onde sismiche in superficie.

Sulla base della previsione di progetto, delle indagini preventive svolte in sito e della cartografia del vigente RU, possiamo confermare per la variante le classi di fattibilità già previste per il Piano Attuativo:

- **Fattibilità geologica F2:** Per l'attuazione dell'intervento, qualora si intervenga con opere strutturali, andrà valutata la necessità di effettuare i normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR.n.36/R/09 e NTC 2008) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione a livello di progetto esecutivo. Le sistemazioni delle aree a verde, anch'esse di tipo conservativo dovranno seguire quanto prescritto nell'art.153 delle NTA del R.U.
- **Fattibilità idraulica F.1:** Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti.

- **Fattibilità sismica F.2:** Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti oltre alle normali indagini geofisiche previste dal DPGR.n.36/R/09 e dalle NTC 2008 da realizzare in sede di progetto esecutivo qualora si intervenga con modifiche strutturali.

Tutto quanto detto sopra viene più esattamente indicato e specificato nella scheda di fattibilità allegata a questa relazione.

## 10. Conclusioni

Le indagini eseguite in sito e le osservazioni realizzate ai paragrafi precedenti permettono di trarre le seguenti conclusioni:

- lo studio effettuato, le caratteristiche geotecniche / geomeccaniche dei terreni oggetto dell'intervento, la strutturazione geologica dell'area **non hanno evidenziato particolari limitazioni al progetto in esame.**
- Alla luce delle indicazioni e della cartografia del RU vigente, delle indagini geotecniche/geofisiche eseguite, si conferma all'intervento la **classe di fattibilità 2 con normali vincoli** come già indicato in precedenza.

Si riserva piena disponibilità ad eventuali approfondimenti e chiarimenti qualora l'Ufficio competente o la D.L. lo ritengano opportuno oppure qualora in corso d'opera si presentassero problematiche non previste in questa.

Montefollonico, 21 luglio 2016

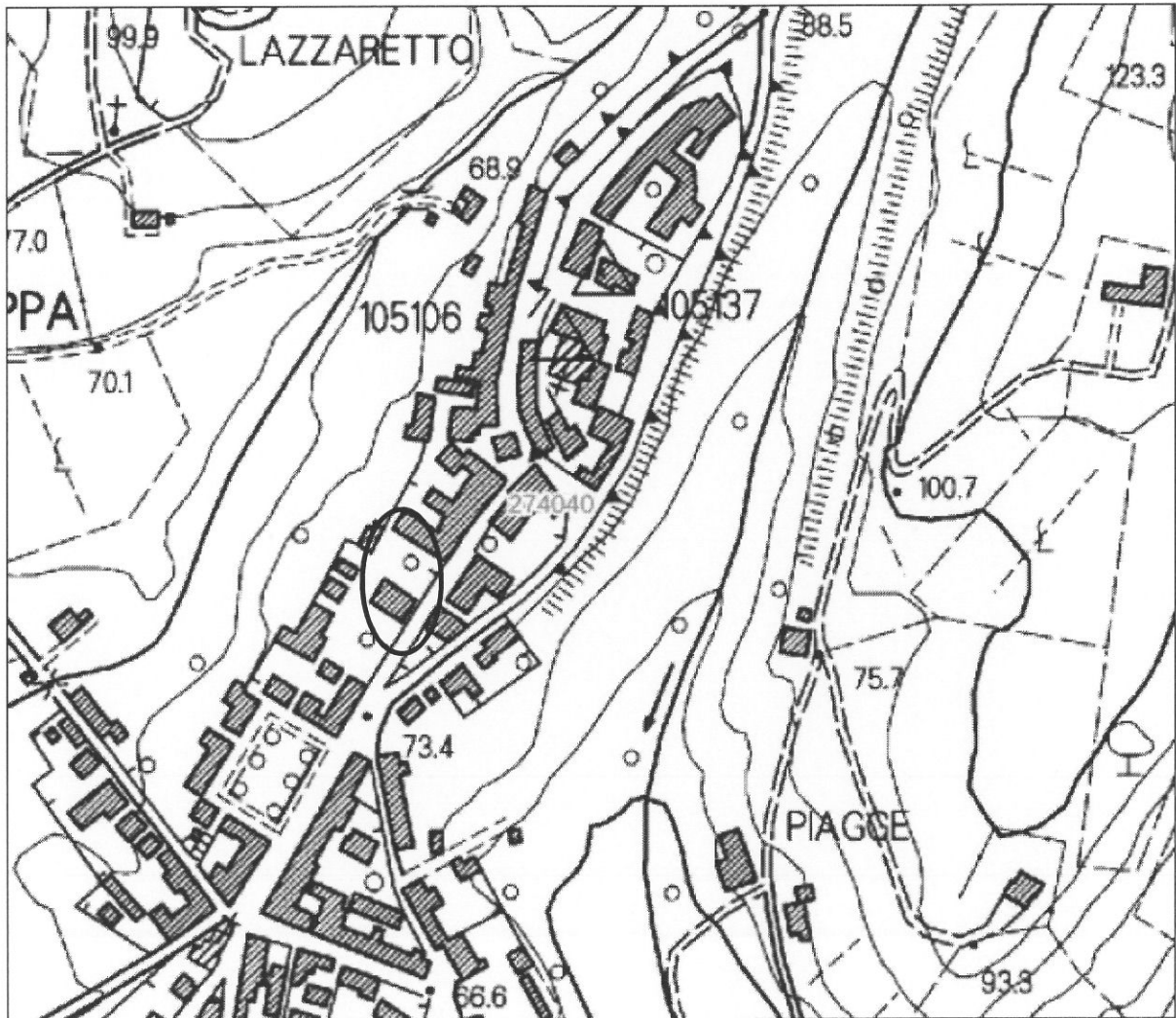
Il tecnico

**Dott. Geol. Andrea Tonini**

(Ordine dei Geologi della Toscana n. 1086)



## CARTA TECNICA REGIONALE



Area d'intervento

## ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE

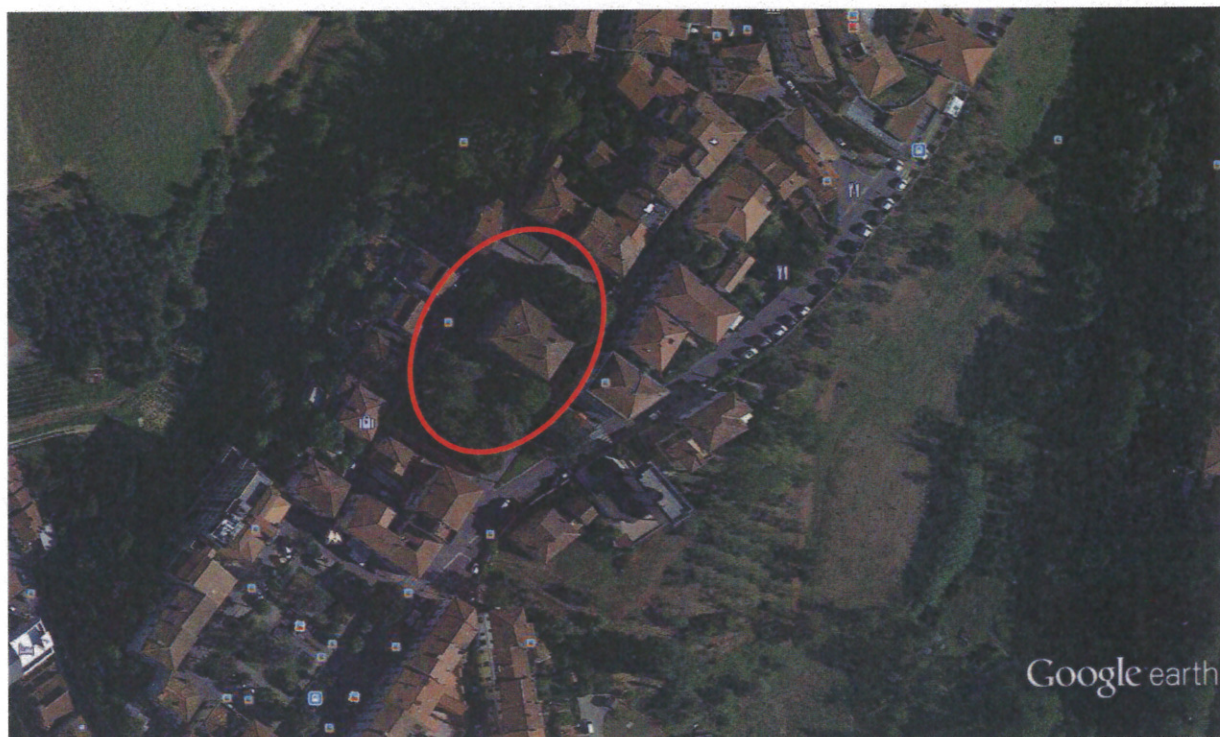
Comune di Vinci f. 21 p.lle 110,111,112,113,114



Scala 1:2000

## VISIONE SATELLITARE

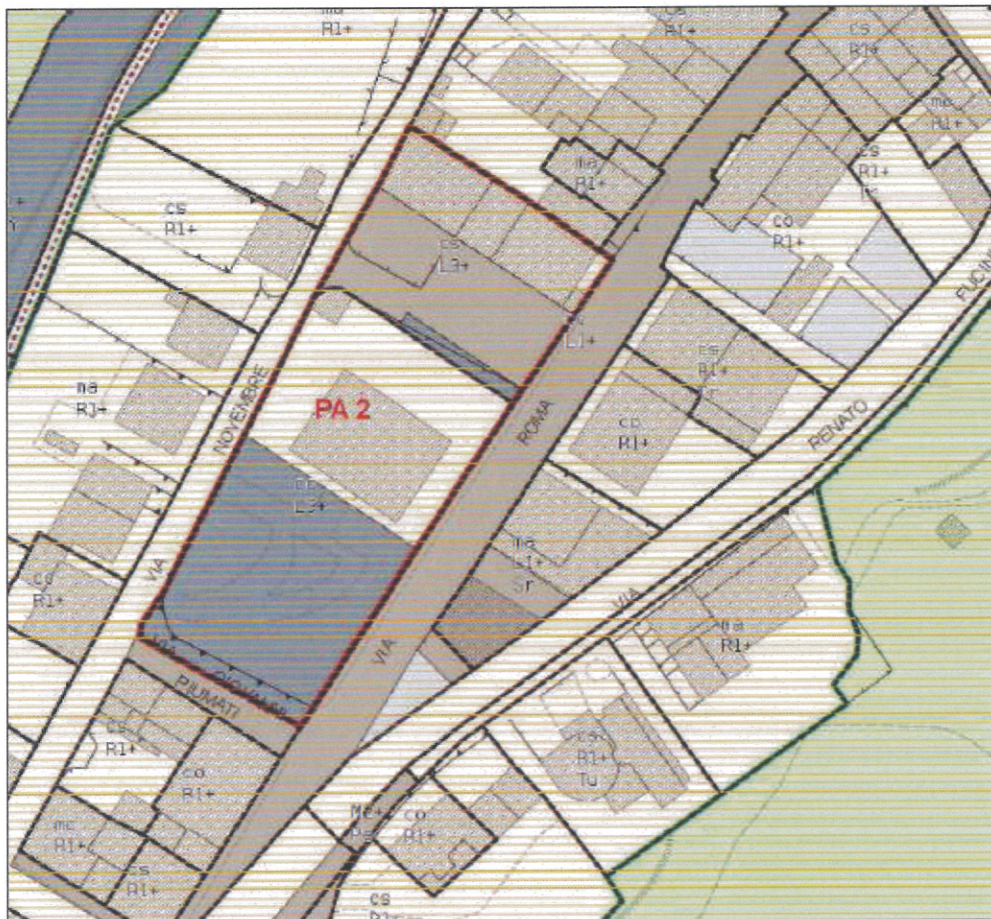
Da Google Earth



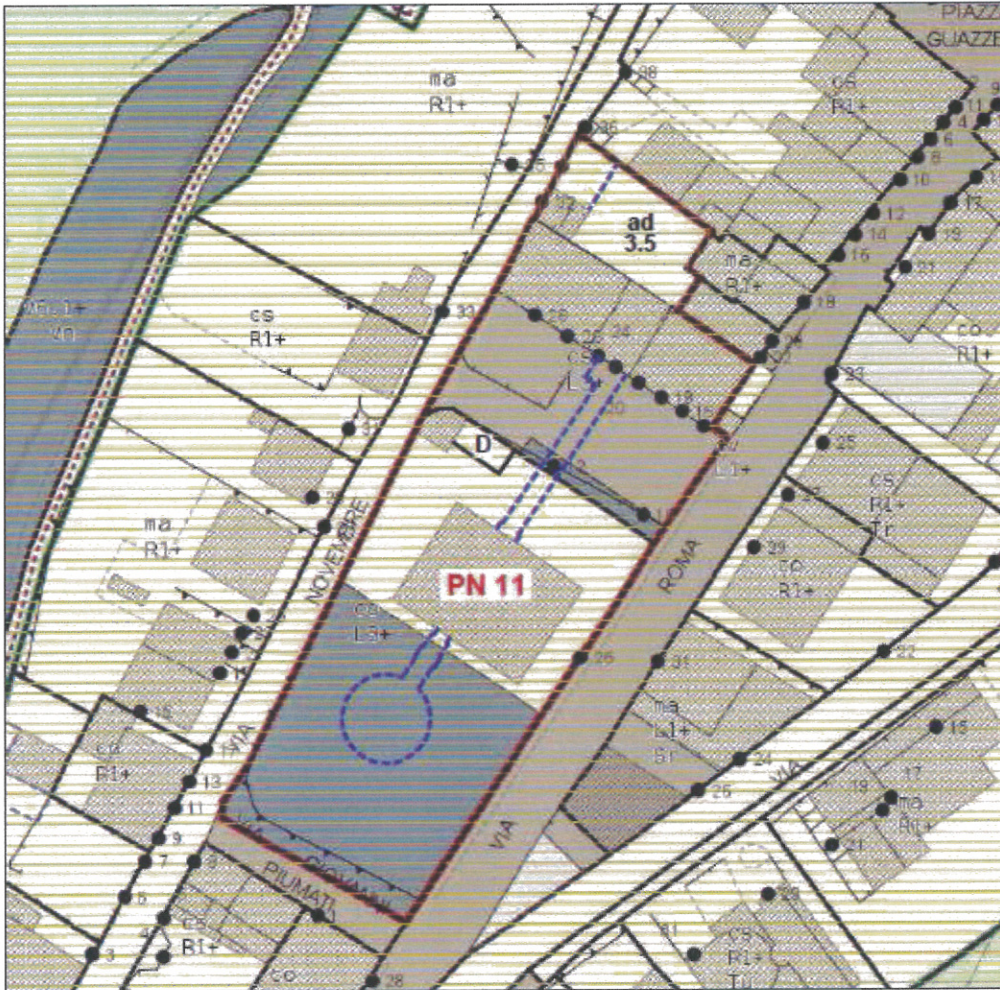
Area d'intervento

## USI DEL SUOLO E MODALITA' D'INTERVENTO: ATTUALE

(REGOLAMENTO URBANISTICO)



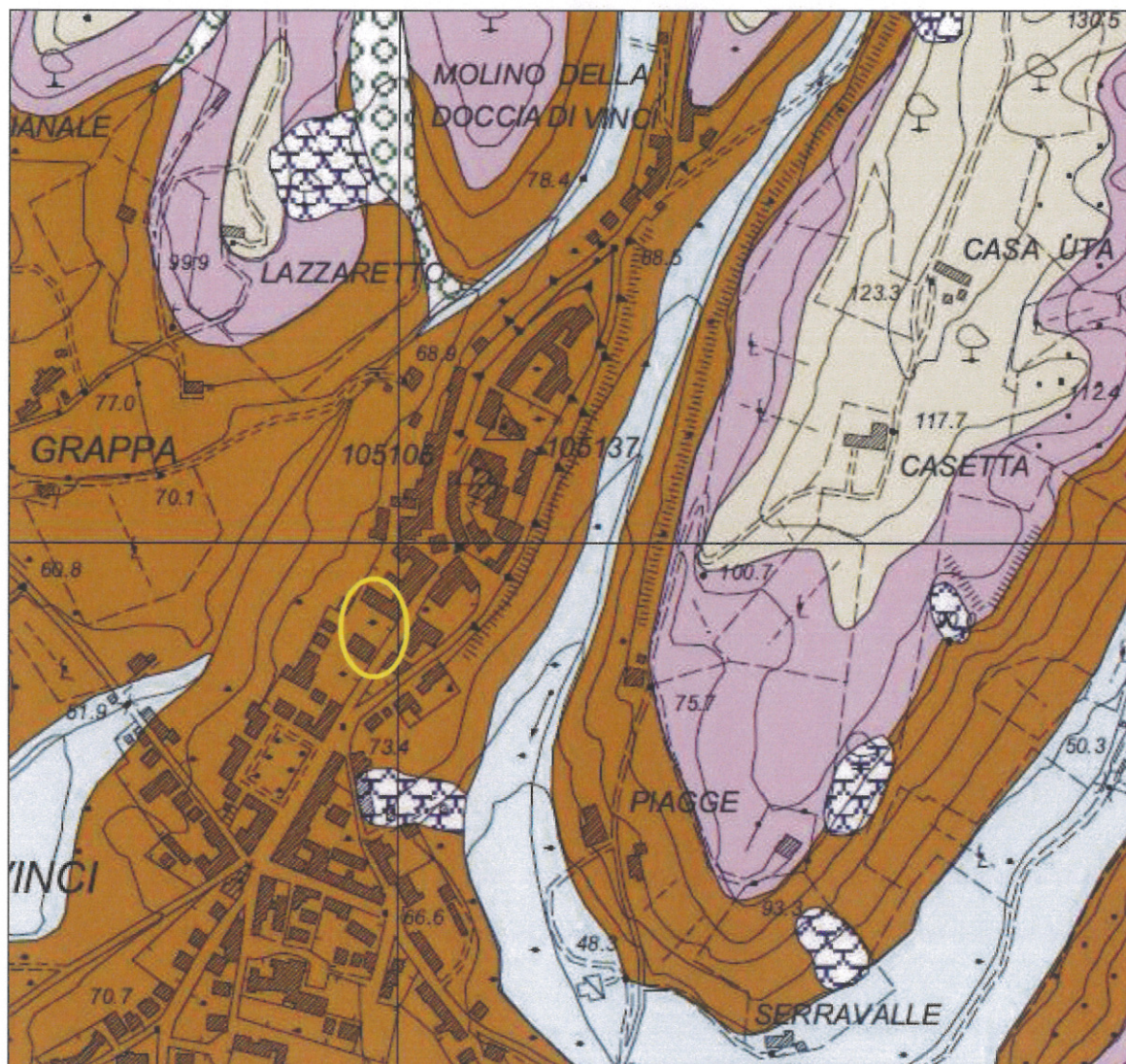
## USI DEL SUOLO E MODALITA' D'INTERVENTO: VARIANTE









# CARTA GEOLOGICA

(PIANO STRUTTURALE)

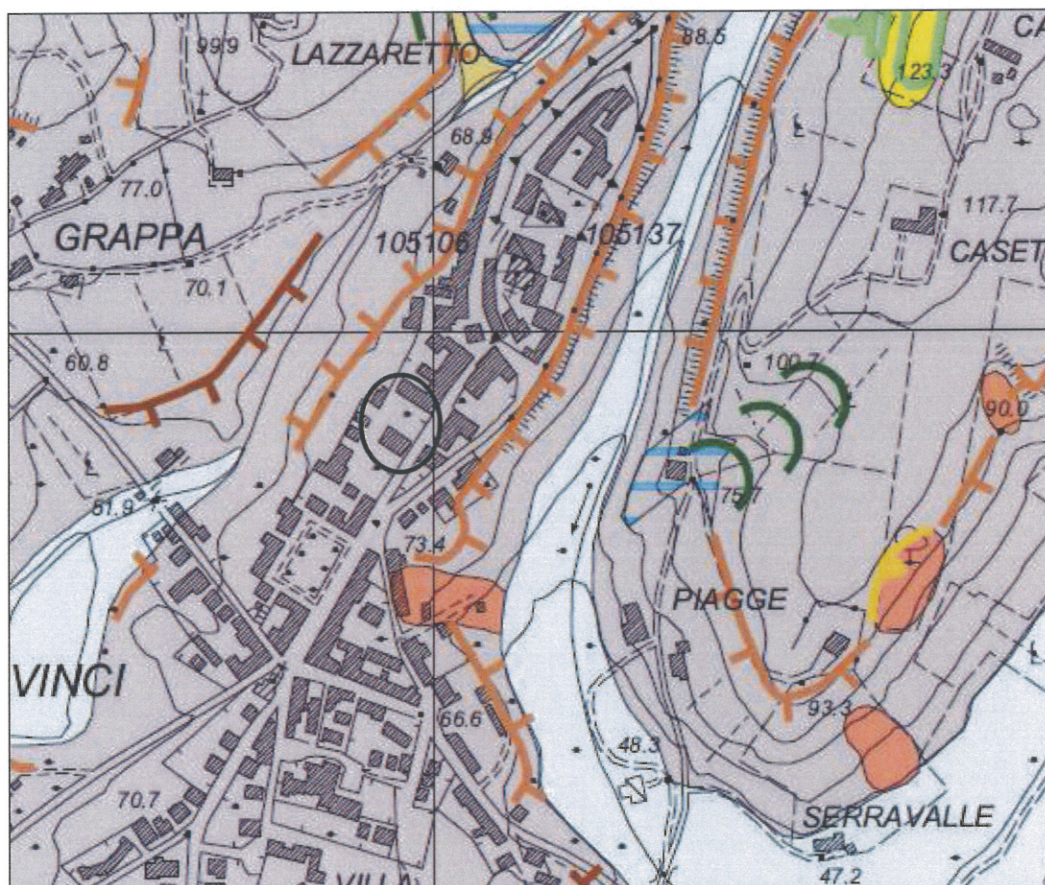






*Depositi fluvio-lacustri dei bacini di Lucca-Montecarlo-Vinci-Firenze-Prato-Pistoia*

-  Argille e sabbie di Marignone Mastromarco (Ruscignano sup.?-Villafranchiano medio/sup.?)
-  Sabbie e conglomerati di S'Ansano (Pliocene inf.-medio)
-  Conglomerati di Vinci (Villafranchiano medio)
-  Ghiaie di Monte Albano (?Pleistocene medio-sup.)

# CARTA GEOMORFOLOGICA

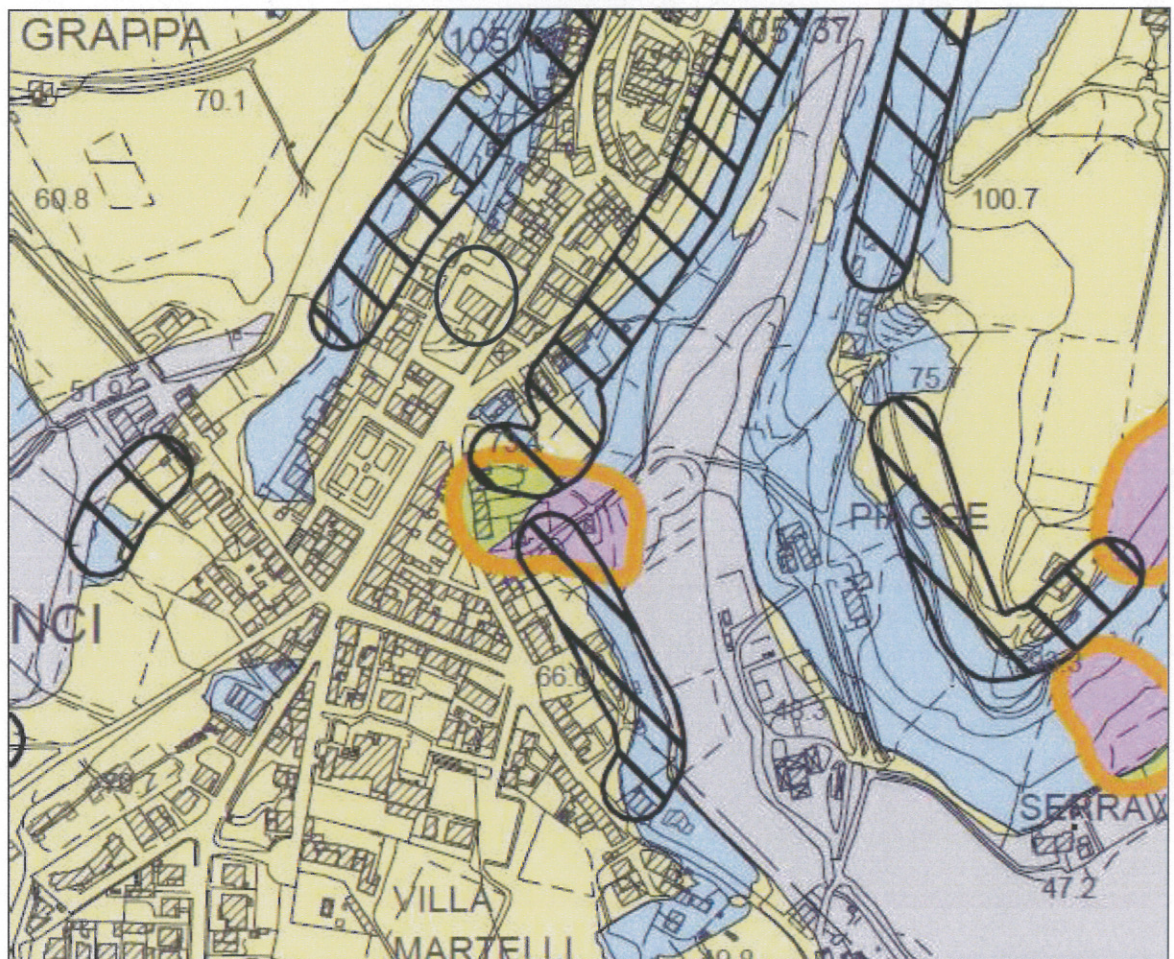
(PIANO STRUTTURALE)




-  Scarpata inattiva con bordo netto
-  Scarpata inattiva con bordo arrotondato
-  Area soggetta a soliflusso
-  Vallecchia a conca

# CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

(PIANO STRUTTURALE)

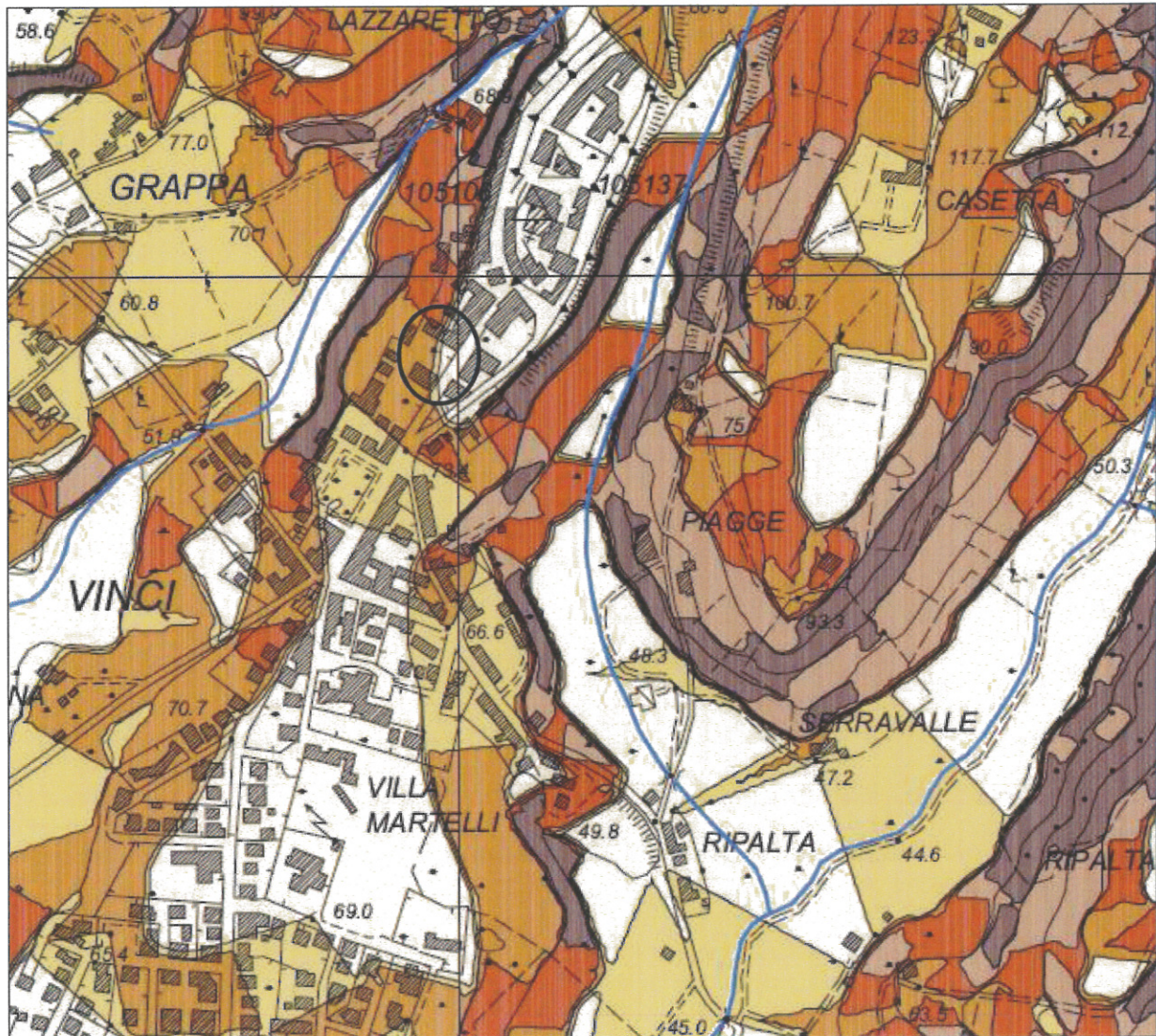


## G2 - PERICOLOSITA' MEDIA

 area con bassa propensione al dissesto dovuta alla litologia ed alla pendenza del versante.

# CARTA DELLE ACCLIVITA'

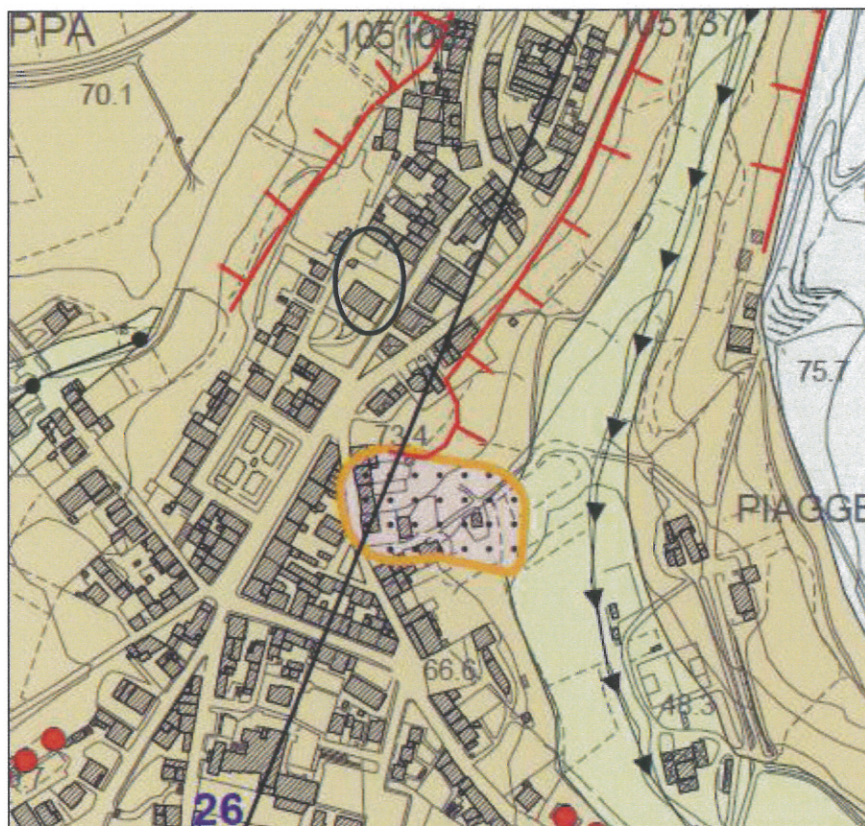
(PIANO STRUTTURALE)



## Classi di pendenza

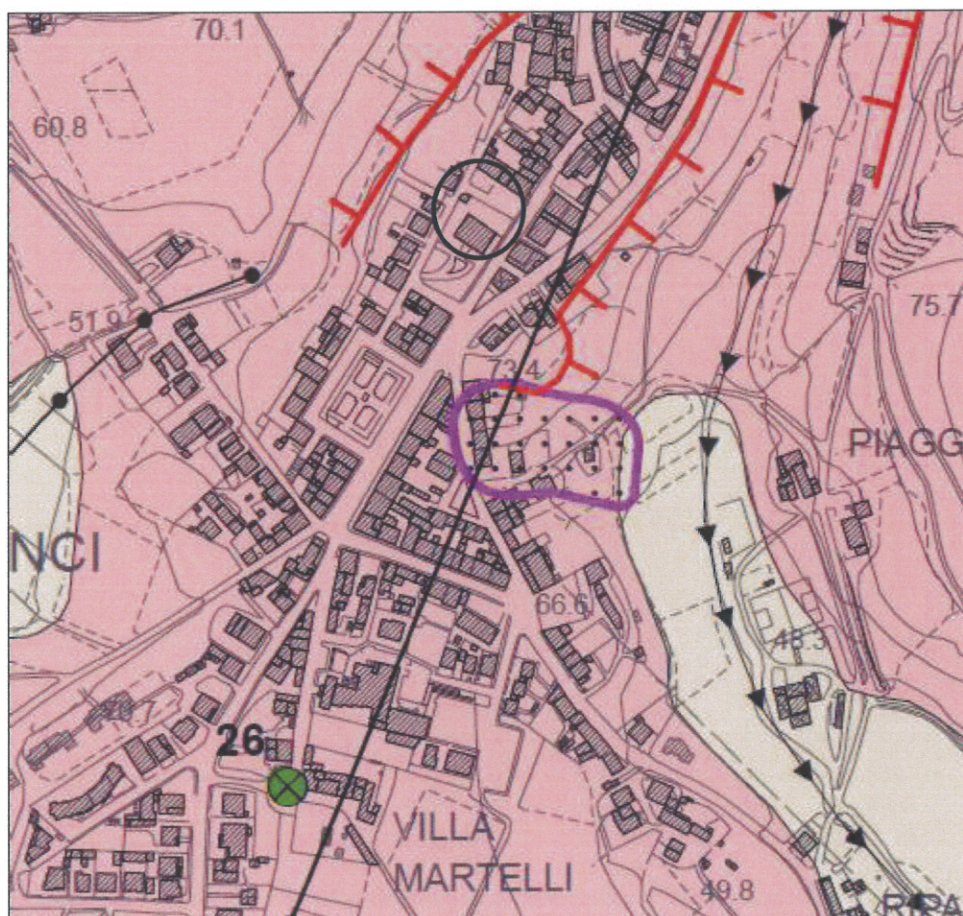
-  Classe 1 0-5%
-  Classe 2 5-15%
-  Classe 3 15-25%
-  Classe 4 25-35%
-  Classe 5 35-50%
-  Classe 6 50-100%
-  Classe 7 >100%

# CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA E DELLE INDAGINI (PIANO STRUTTURALE)

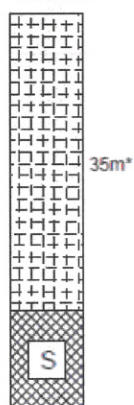


**SWtm** sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di depositi marini, da poco a moderatamente addensate, stratificate

# CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA E DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI (PIANO STRUTTURALE)



 Zona 16

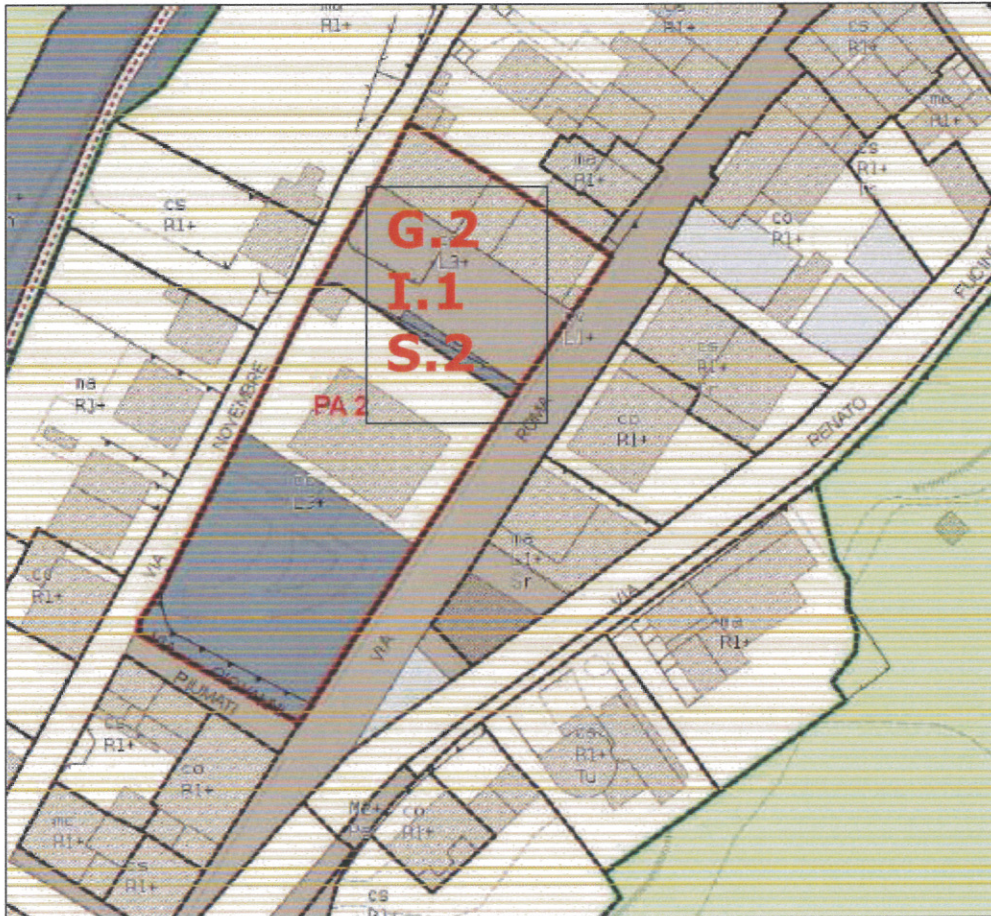


Pericolosità sismica elevata (S.3): Zone 13, 14 e 15

Pericolosità sismica media (S.2): Zone 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17 e 18

## CARTA DELLE PERICOLOSITA': ATTUALE

(P.A. SCHEDA FATTIBILITA' REGOLAMENTO URBANISTICO)

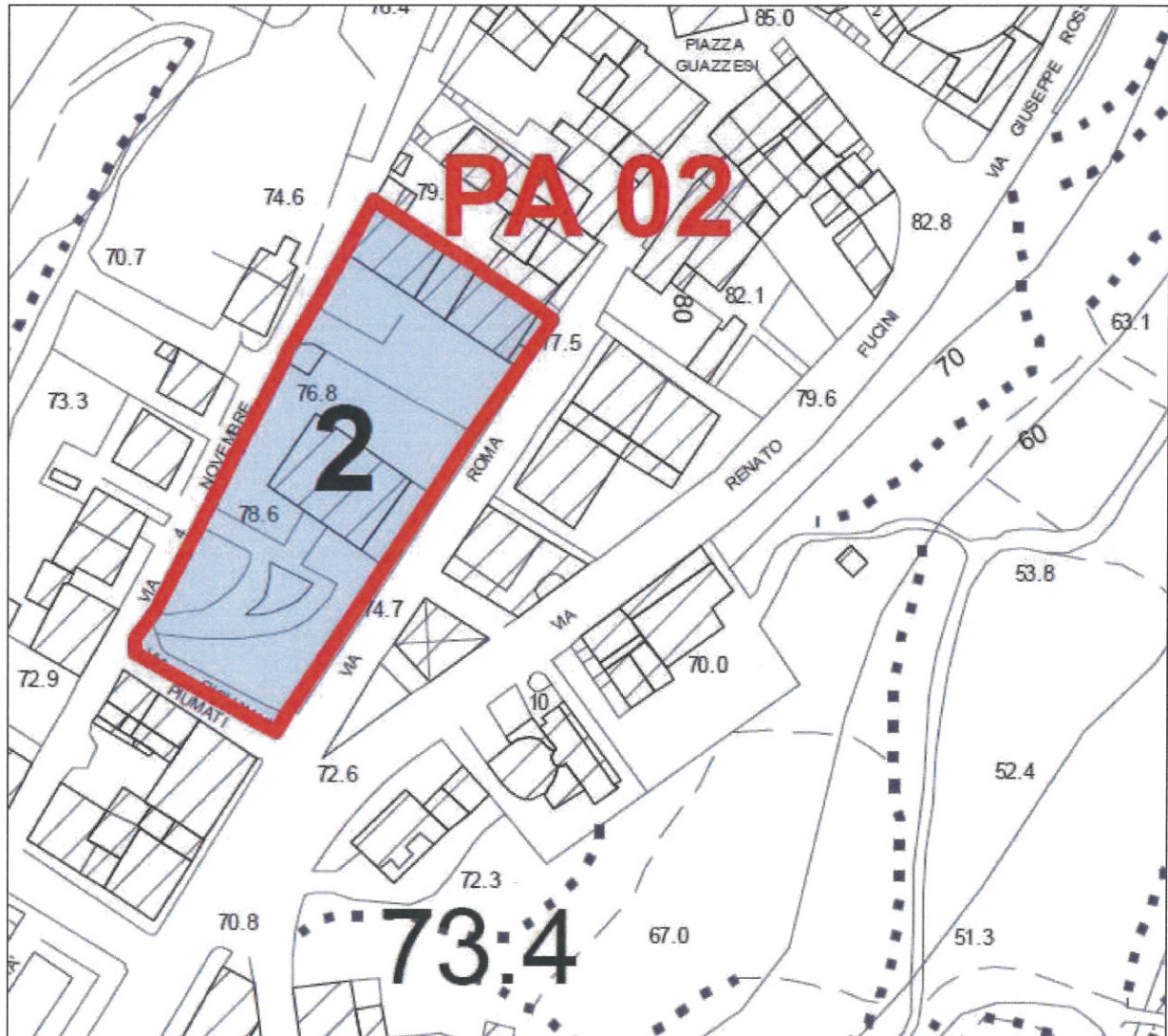






# CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA, SISMICA: attuale

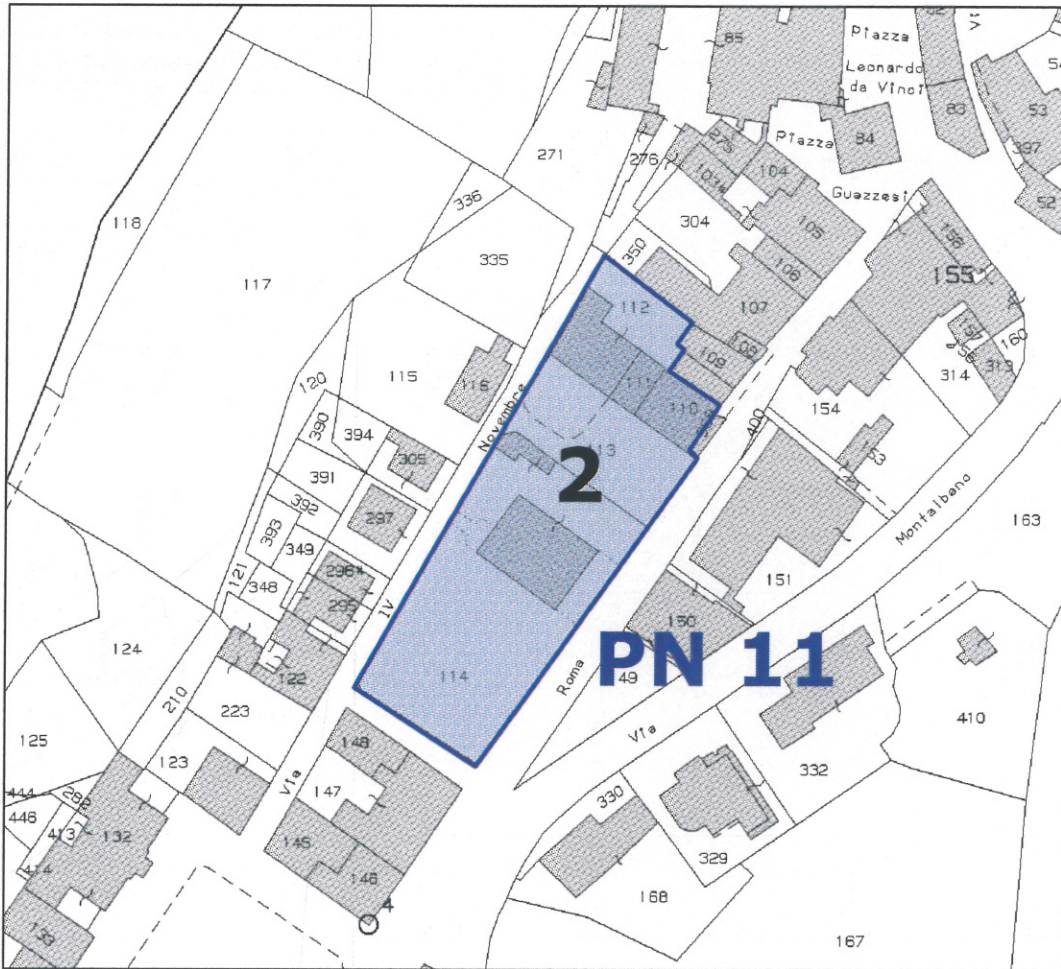
(P.A. SCHEDA FATTIBILITA' REGOLAMENTO URBANISTICO)



Classi di fattibilità	geologica	idraulica	sismica
F.4 - fattibilità limitata			
F.3 - fattibilità condizionata			
F.2 - fattibilità con normali vincoli			
F.1 - fattibilità senza particolari limitazioni			

area soggetta a Piano Attuativo con scheda di fattibilità

# CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA, SISMICA: progetto



Classi di fattibilità	geologica	idraulica	sismica
F.4 - fattibilità limitata			
F.3 - fattibilità condizionata			
F.2 - fattibilità con normali vincoli			
F.1 - fattibilità senza particolari limitazioni			

area soggetta a Progetto Norma con scheda di fattibilità

## SCHEDA DI FATTIBILITA' PN 11- PROGETTO NORMA 11: Villa fattoria Baronti Pezzatini (art. 14)

### Descrizione e obiettivi della trasformazione

1. Il progetto interessa l'area contraddistinta dalla proprietà della ex Villa padronale e fattoria denominata Villa-fattoria Baronti Pezzatini a Vinci, con esclusione di una porzione del piano 1° della fattoria posta in angolo con via Roma, e prevede: il recupero e la valorizzazione degli edifici esistenti, del parco della villa e delle aree scoperte della fattoria attraverso attività di restauro, cambio d'uso e ampliamento per attività museali, commerciali e turistico ricettive, la realizzazione di spazi scoperti, servizi e attrezzature di uso privato e di uso pubblico.

2. Obiettivo del Progetto Norma è la realizzazione di una struttura integrata per attività museale, commerciale, turistico-ricettiva, residenza, con interposta piazza, in parte di uso privato ed in parte di uso pubblico, destinata ad arricchire l'offerta culturale museale e ad arricchire e diversificare l'offerta di attrezzature che caratterizzano l'identità turistica e culturale del capoluogo.

### Parametri urbanistici

Superficie territoriale	3.250 mq.	
<i>Servizi e spazi d'uso pubblico</i>	Area (min.)	Sul (min.)
-spazi scoperti	450 mq.	
-servizi e attrezzature (percorso coperto)		100 mq.
<i>Attività museale e ricettiva-commerciale</i>	Area (min.)	Sul (max.) -
-attività museale e complementari, ampliamento		150 mq.*
-attività commerciale e ricettiva, ampliamento		50mq.*

\*Sono escluse le superfici degli edifici ricadenti nelle categorie d'intervento "conservazione" siglati CO, CS.

Il progetto prevede 3 unità minime d'intervento

### Intervento 1

-Restauro della Villa Baronti Pezzatini e di altri manufatti esistenti di valore storico testimoniale. L'edificio, compatibilmente con la salvaguardia, la conservazione delle sue qualità architettoniche e l'attualizzazione per le funzioni tecnologiche, potrà essere utilizzato per ospitare attrezzature museali (reception, spazi espositivi, spazi per convegni, uffici), commerciali e produttivi per prodotti di offerta diretta al piano seminterrato (spazi produttivi non molesti, negozi, spazi espositivi, d'intrattenimento e convegnistici, bar). E' ammessa la modifica delle aperture, eccetto che sul prospetto principale dell'edificio, per adeguamento all'inserimento di attività diverse, nel rispetto dei caratteri architettonici della facciata e della riconoscibilità tipologica dell'edificio, da definire nel Piano Attuativo.

-Restauro del giardino-parco della villa con un progetto unitario caratterizzato dalla salvaguardia delle essenze di alto fusto esistenti con la realizzazione di ampliamenti previsti nel presente progetto norma, vasche e fontane ornamentali.

-Demolizione del corpo aggiunto della serra limonaia.

- Realizzazione di un ampliamento funzionale all'attività museale e ad essa complementare, interrato e fuori terra costituito da un solo volume (per la parte fuori terra), la cui altezza fuori terra non potrà superare l'altezza da terra del primo piano della villa, mentre nella parte interrata dovrà essere complanare con le volumetrie interrate esistenti.
- Realizzazione di un collegamento funzionale fra la facciata della villa e il volume in ampliamento, nel rispetto, per la connessione con la villa, degli elementi decorativi esistenti, costituito da un piano fuori terra (contenuto nell'altezza del piano terreno della villa) e da un piano interrato che dovrà essere complanare con le volumetrie interrate esistenti, con pareti improntate alla massima trasparenza.
- Realizzazione di un volume interrato all'interno della sagoma esistente della villa.
- Realizzazione di modesti volumi tecnici, completamente interrati, fuori sagoma dell'esistente e dell'ampliamento, in entità contenuta, esclusivamente per necessità di carattere tecnologico e impiantistico e di aeroilluminazione.

### Intervento 2

- Restauro della Fattoria Baronti Pezzatini. Questo edificio, compatibilmente con la salvaguardia, la conservazione delle sue qualità architettoniche e l'attualizzazione per le funzioni tecnologiche, potrà essere utilizzato per ospitare attrezzature commerciali, turistiche e residenziali (reception, ristorante, servizi, negozi, residenza).
- Restauro dell'aia antistante la fattoria, con inserimento parziale verso via Roma di fontana ornamentale.
- Realizzazione di un ampliamento funzionale sul retro della fattoria lungo via IV Novembre.
- Volumetria interrata sottostante l'ampliamento su via IV Novembre e volumetrie di servizio fuori e dentro la sagoma del fabbricato esistente esclusivamente per esigenze di carattere tecnologico, di aeroilluminazione e in ragione di quanto previsto per norma.
- Sistemazione dello spazio giardino chiuso residuo all'ampliamento con aree a verde, piantumazioni tipiche, pavimentazioni in pietra naturale, sculture e giochi d'acqua di valenza scenografica.

### Intervento 3

- Sistemazione dell'area posta fra la recinzione interna della villa e la facciata principale della ex fattoria (con la esclusione della porzione destinata ad aia) da destinare a luogo d'interesse e di uso pubblico e privato (regolamentato da apposita convenzione) con un progetto unitario caratterizzato dalla salvaguardia degli alberi di alto fusto esistenti, con la realizzazione di aree a verde, piantumazioni tipiche, pavimentazioni, sculture e giochi d'acqua di valenza scenografica con la possibilità di modesta modifica dei dislivelli esistenti.
- Modifica dei muri di confine lungo i lati di via Roma e IV Novembre, con l'inserimento di cancellate del tipo giardino ottocentesco-orto botanico fiorentino.
- Realizzazione di un collegamento coperto funzionale in ampliamento fra la facciata posteriore della villa e la facciata principale della fattoria, contenuto nell'altezza del piano terreno della villa.
- Installazione di tendaggi oscuranti mobili stagionali.

### Parcheggi

La dotazione di parcheggi, oltre quella reperita in loco, (sia per la sosta stanziale che di relazione) da garantire per le addizioni volumetriche, può essere realizzata anche in aree attigue non facenti parti del lotto, ad una distanza idonea a garantire un rapido collegamento pedonale, purché siano asservite con vincolo permanente di destinazione. Qualora i suddetti parcheggi non siano reperiti, dovrà essere corrisposta al Comune la somma pari al costo stimato necessario per l'acquisizione e la sistemazione a parcheggio, determinato tramite deliberazione del competente organo comunale, e il cui uso a favore del titolare del Permesso a Costruire in ampliamento sarà regolato da apposita convenzione.

## **Problematiche geologiche, idrauliche e sismiche**

### Pericolosità geologica

Classe G.2: areale posto sul crinale con substrato costituito da terreni prevalentemente argillososabbiosi con bassa propensione al dissesto.

### Pericolosità idraulica

Classe I.1: areale non soggetto alle dinamiche fluviali.

### Pericolosità sismica

Classe S.2: l'area di intervento risulta compresa all'interno della microzona Z16 della carta delle MOPS caratterizzata da un substrato stabile suscettibile di amplificazioni locali per l'esistenza di un contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido la cui profondità è stimabile in oltre i 70 metri. In queste condizioni non si determinano effetti di amplificazione delle onde sismiche in superficie.

## **Condizioni e prescrizioni per le realizzazioni**

### Fattibilità geologica F2:

Per l'attuazione dell'intervento, qualora si intervenga con opere strutturali, andrà valutata la necessità di effettuare i normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR.n.36/R/09 e NTC 2008) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione a livello di progetto esecutivo. Le sistemazioni delle aree a verde, anch'esse di tipo conservativo dovranno seguire quanto prescritto nell'art.153 delle NTA del R.U.

### Fattibilità idraulica F.1:

Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti.

### Fattibilità sismica F.2:

Non ci sono condizioni specifiche per l'attuazione degli interventi previsti oltre alle normali indagini geofisiche previste dal DPGR.n.36/R/09 e dalle NTC 2008 da realizzare in sede di progetto esecutivo qualora si intervenga con modifiche strutturali.

## PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-179

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
 - lavoro :  
 - località : Via Roma - Vinci (FI)  
 - note : Prosegue come DPSH3

- data : 08/07/2016  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	1,13	----	<b>2,00</b>	160,0	270,0	160,0	5,20	31,0
0,40	37,0	54,0	37,0	1,40	26,0	2,20	198,0	276,0	198,0	8,07	25,0
0,60	52,0	73,0	52,0	1,27	41,0	2,40	126,0	247,0	126,0	7,67	16,0
0,80	71,0	90,0	71,0	3,80	19,0	2,60	136,0	251,0	136,0	7,27	19,0
<b>1,00</b>	91,0	148,0	91,0	3,73	24,0	2,80	163,0	272,0	163,0	6,80	24,0
1,20	56,0	112,0	56,0	2,27	25,0	<b>3,00</b>	180,0	282,0	180,0	9,07	20,0
1,40	58,0	92,0	58,0	2,80	21,0	3,20	154,0	290,0	154,0	10,00	15,0
1,60	62,0	104,0	62,0	3,67	17,0	3,40	150,0	300,0	150,0	6,00	25,0
1,80	135,0	190,0	135,0	7,33	18,0	3,60	240,0	330,0	240,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

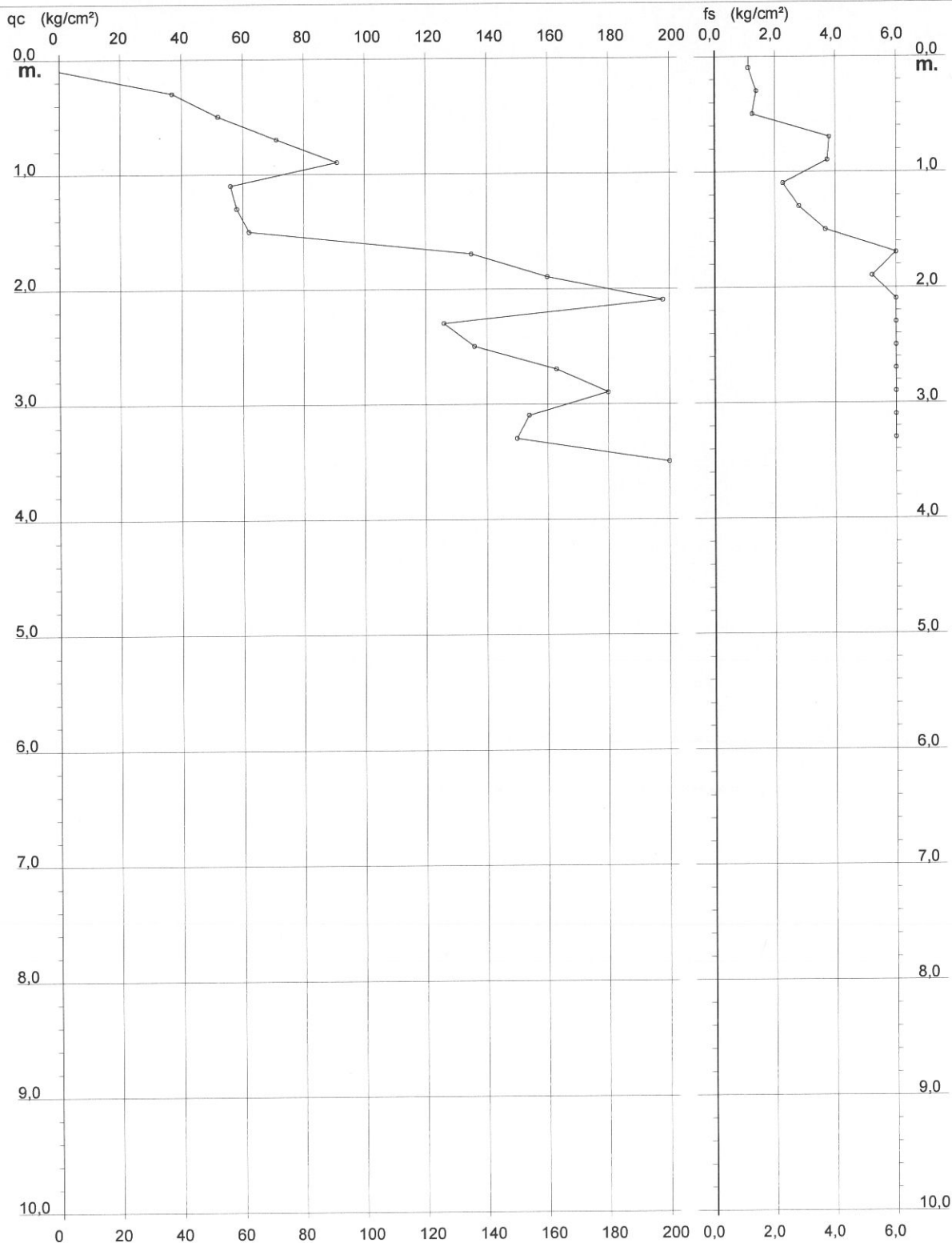
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 3**

2.01PG05-179

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
 - lavoro :  
 - località : Via Roma - Vinci (FI)  
 - note : Prosegue come DPSH3

- data : 08/07/2016  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 50





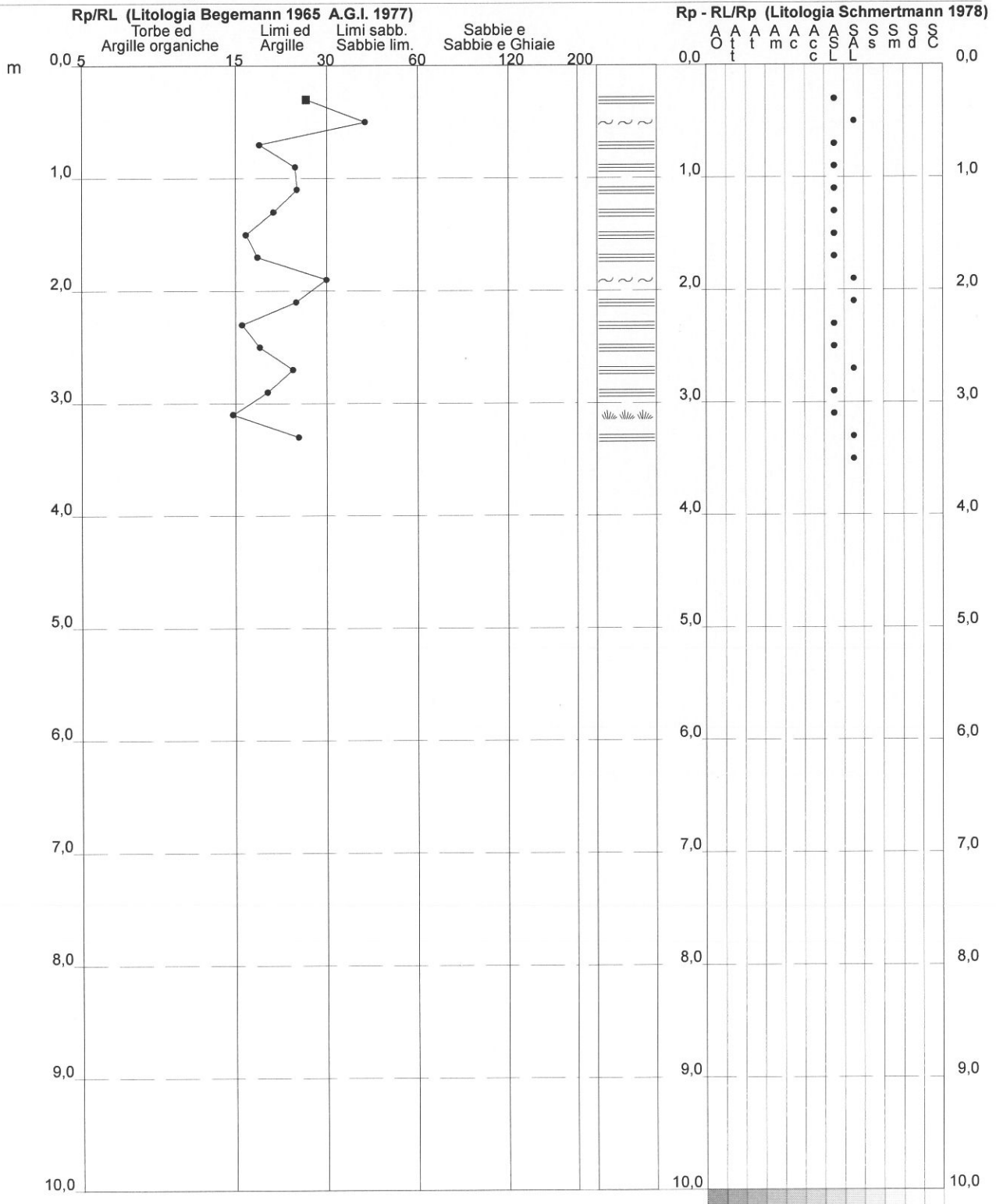
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**CPT 3**

2.01PG05-179

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
 - lavoro :  
 - località : Via Roma - Vinci (FI)  
 - note : Prosegue come DPSH3

- data : 08/07/2016  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 50



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 3**

2.01PG05-179

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)  
- note : Prosegue come DPSH3

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

NATURA COESIVA													NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²				
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0,40	37	26	4/1	1,85	0,07	1,23	99,9	210	315	111	100	42	43	45	46	44	30	0,258	62	93	111				
0,60	52	41	3/1	1,85	0,11	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	31	0,258	87	130	156				
0,80	71	19	4/1	1,85	0,15	2,37	99,9	402	604	213	100	42	43	45	46	44	32	0,258	118	178	213				
1,00	91	24	4/1	1,85	0,19	3,03	99,9	516	774	273	100	42	43	45	46	44	33	0,258	152	228	273				
1,20	56	25	4/1	1,85	0,22	1,87	89,9	317	476	168	89	40	42	43	45	41	31	0,219	93	140	168				
1,40	58	21	4/1	1,85	0,26	1,93	77,5	329	493	174	86	40	42	43	45	41	31	0,210	97	145	174				
1,60	62	17	4/1	1,85	0,30	2,07	71,3	351	527	186	85	40	41	43	45	40	32	0,207	103	155	186				
1,80	135	18	4/1	1,85	0,33	4,50	99,9	765	1148	405	100	42	43	45	46	43	35	0,258	225	338	405				
2,00	180	31	3/1	1,85	0,37	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	36	0,258	267	400	480				
2,20	198	25	4/1	1,85	0,41	6,60	99,9	1122	1683	594	100	42	43	45	46	44	38	0,258	330	495	594				
2,40	126	16	4/1	1,85	0,44	4,20	99,9	714	1071	378	100	42	43	45	46	42	35	0,257	210	315	378				
2,60	136	19	4/1	1,85	0,48	4,53	99,9	771	1156	408	100	42	43	45	46	42	35	0,258	227	340	408				
2,80	163	24	4/1	1,85	0,52	5,43	99,9	924	1386	489	100	42	43	45	46	42	36	0,258	272	408	489				
3,00	180	20	4/1	1,85	0,55	6,00	99,9	1020	1530	540	100	42	43	45	46	42	37	0,258	300	450	540				
3,20	154	15	4/1	1,85	0,59	5,13	93,4	873	1309	462	100	42	43	45	46	41	36	0,257	257	385	462				
3,40	150	25	4/1	1,85	0,63	5,00	83,8	850	1275	450	97	42	43	44	46	41	36	0,248	250	375	450				
3,60	240	--	3/1	1,85	0,67	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	39	0,258	400	600	720				

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

**CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 11,91 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta t = Q/Q_{spt} = 1,521$ ( teoricamente : Nspt = $\beta t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

## UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 1

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
 - lavoro :  
 - località : Via Roma - Vinci (FI)  
 - note :

- data : 04/07/2016  
 - quota inizio : Piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	7	52,1	---	1	4,60 - 4,80	17	96,3	---	5
0,20 - 0,40	14	104,3	---	1	4,80 - 5,00	9	48,1	---	6
0,40 - 0,60	13	96,8	---	1	5,00 - 5,20	9	48,1	---	6
0,60 - 0,80	8	59,6	---	1	5,20 - 5,40	13	69,5	---	6
0,80 - 1,00	8	55,2	---	2	5,40 - 5,60	14	74,8	---	6
1,00 - 1,20	6	41,4	---	2	5,60 - 5,80	13	69,5	---	6
1,20 - 1,40	10	69,0	---	2	5,80 - 6,00	13	65,7	---	7
1,40 - 1,60	8	55,2	---	2	6,00 - 6,20	13	65,7	---	7
1,60 - 1,80	10	69,0	---	2	6,20 - 6,40	17	86,0	---	7
1,80 - 2,00	20	128,7	---	3	6,40 - 6,60	17	86,0	---	7
2,00 - 2,20	18	115,8	---	3	6,60 - 6,80	19	96,1	---	7
2,20 - 2,40	7	45,0	---	3	6,80 - 7,00	24	115,2	---	8
2,40 - 2,60	7	45,0	---	3	7,00 - 7,20	20	96,0	---	8
2,60 - 2,80	9	57,9	---	3	7,20 - 7,40	19	91,2	---	8
2,80 - 3,00	10	60,2	---	4	7,40 - 7,60	17	81,6	---	8
3,00 - 3,20	12	72,3	---	4	7,60 - 7,80	23	110,4	---	8
3,20 - 3,40	12	72,3	---	4	7,80 - 8,00	26	118,8	---	9
3,40 - 3,60	13	78,3	---	4	8,00 - 8,20	26	118,8	---	9
3,60 - 3,80	25	150,6	---	4	8,20 - 8,40	22	100,5	---	9
3,80 - 4,00	28	158,6	---	5	8,40 - 8,60	30	137,0	---	9
4,00 - 4,20	23	130,3	---	5	8,60 - 8,80	18	82,2	---	9
4,20 - 4,40	34	192,6	---	5	8,80 - 9,00	21	91,5	---	10
4,40 - 4,60	25	141,6	---	5	9,00 - 9,20	40	174,3	---	10

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)  
- note :

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	8	59,6	----	1	3,40 - 3,60	15	90,4	----	4
0,20 - 0,40	13	96,8	----	1	3,60 - 3,80	19	114,5	----	4
0,40 - 0,60	21	156,4	----	1	3,80 - 4,00	20	113,3	----	5
0,60 - 0,80	19	141,5	----	1	4,00 - 4,20	22	124,6	----	5
0,80 - 1,00	28	193,3	----	2	4,20 - 4,40	25	141,6	----	5
1,00 - 1,20	24	165,7	----	2	4,40 - 4,60	31	175,6	----	5
1,20 - 1,40	35	241,7	----	2	4,60 - 4,80	29	164,2	----	5
1,40 - 1,60	21	145,0	----	2	4,80 - 5,00	32	171,0	----	6
1,60 - 1,80	12	82,9	----	2	5,00 - 5,20	40	213,7	----	6
1,80 - 2,00	8	51,5	----	3	5,20 - 5,40	23	122,9	----	6
2,00 - 2,20	10	64,3	----	3	5,40 - 5,60	24	128,2	----	6
2,20 - 2,40	8	51,5	----	3	5,60 - 5,80	29	154,9	----	6
2,40 - 2,60	12	77,2	----	3	5,80 - 6,00	31	156,8	----	7
2,60 - 2,80	14	90,1	----	3	6,00 - 6,20	32	161,8	----	7
2,80 - 3,00	18	108,4	----	4	6,20 - 6,40	35	177,0	----	7
3,00 - 3,20	19	114,5	----	4	6,40 - 6,60	50	252,9	----	7
3,20 - 3,40	20	120,5	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 3**

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)  
- note : Proseguimento della CPT3

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	----	----	----	1	3,80 - 4,00	24	135,9	----	5
0,20 - 0,40	----	----	----	1	4,00 - 4,20	27	152,9	----	5
0,40 - 0,60	----	----	----	1	4,20 - 4,40	17	96,3	----	5
0,60 - 0,80	----	----	----	1	4,40 - 4,60	17	96,3	----	5
0,80 - 1,00	----	----	----	2	4,60 - 4,80	27	152,9	----	5
1,00 - 1,20	----	----	----	2	4,80 - 5,00	41	219,1	----	6
1,20 - 1,40	----	----	----	2	5,00 - 5,20	29	154,9	----	6
1,40 - 1,60	----	----	----	2	5,20 - 5,40	28	149,6	----	6
1,60 - 1,80	----	----	----	2	5,40 - 5,60	31	165,6	----	6
1,80 - 2,00	----	----	----	3	5,60 - 5,80	24	128,2	----	6
2,00 - 2,20	----	----	----	3	5,80 - 6,00	25	126,4	----	7
2,20 - 2,40	----	----	----	3	6,00 - 6,20	33	166,9	----	7
2,40 - 2,60	----	----	----	3	6,20 - 6,40	12	60,7	----	7
2,60 - 2,80	----	----	----	3	6,40 - 6,60	10	50,6	----	7
2,80 - 3,00	----	----	----	4	6,60 - 6,80	7	35,4	----	7
3,00 - 3,20	----	----	----	4	6,80 - 7,00	12	57,6	----	8
3,20 - 3,40	----	----	----	4	7,00 - 7,20	45	216,0	----	8
3,40 - 3,60	----	----	----	4	7,20 - 7,40	50	240,0	----	8
3,60 - 3,80	27	162,7	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 4

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
 - lavoro :  
 - località : Via Roma - Vinci (FI)  
 - note :

- data : 08/07/2016  
 - quota inizio : Piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	5	37,2	---	1	2,60 - 2,80	12	77,2	---	3
0,20 - 0,40	3	22,3	---	1	2,80 - 3,00	12	72,3	---	4
0,40 - 0,60	4	29,8	---	1	3,00 - 3,20	12	72,3	---	4
0,60 - 0,80	1	7,4	---	1	3,20 - 3,40	14	84,3	---	4
0,80 - 1,00	2	13,8	---	2	3,40 - 3,60	11	66,3	---	4
1,00 - 1,20	3	20,7	---	2	3,60 - 3,80	10	60,2	---	4
1,20 - 1,40	11	75,9	---	2	3,80 - 4,00	18	101,9	---	5
1,40 - 1,60	10	69,0	---	2	4,00 - 4,20	21	118,9	---	5
1,60 - 1,80	7	48,3	---	2	4,20 - 4,40	22	124,6	---	5
1,80 - 2,00	7	45,0	---	3	4,40 - 4,60	23	130,3	---	5
2,00 - 2,20	6	38,6	---	3	4,60 - 4,80	18	101,9	---	5
2,20 - 2,40	8	51,5	---	3	4,80 - 5,00	35	187,0	---	6
2,40 - 2,60	12	77,2	---	3	5,00 - 5,20	50	267,2	---	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

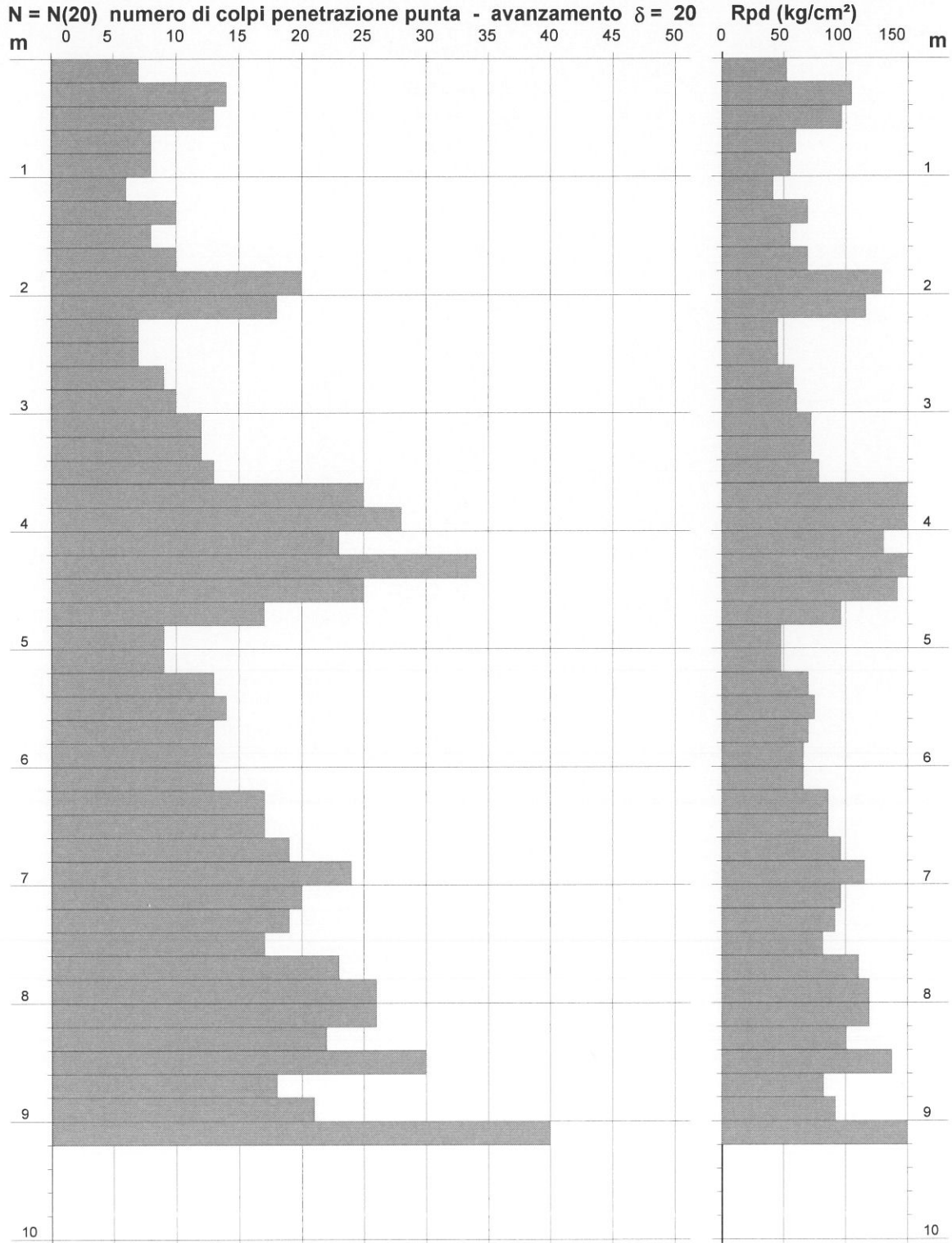
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)  
- note :

- data : 04/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1





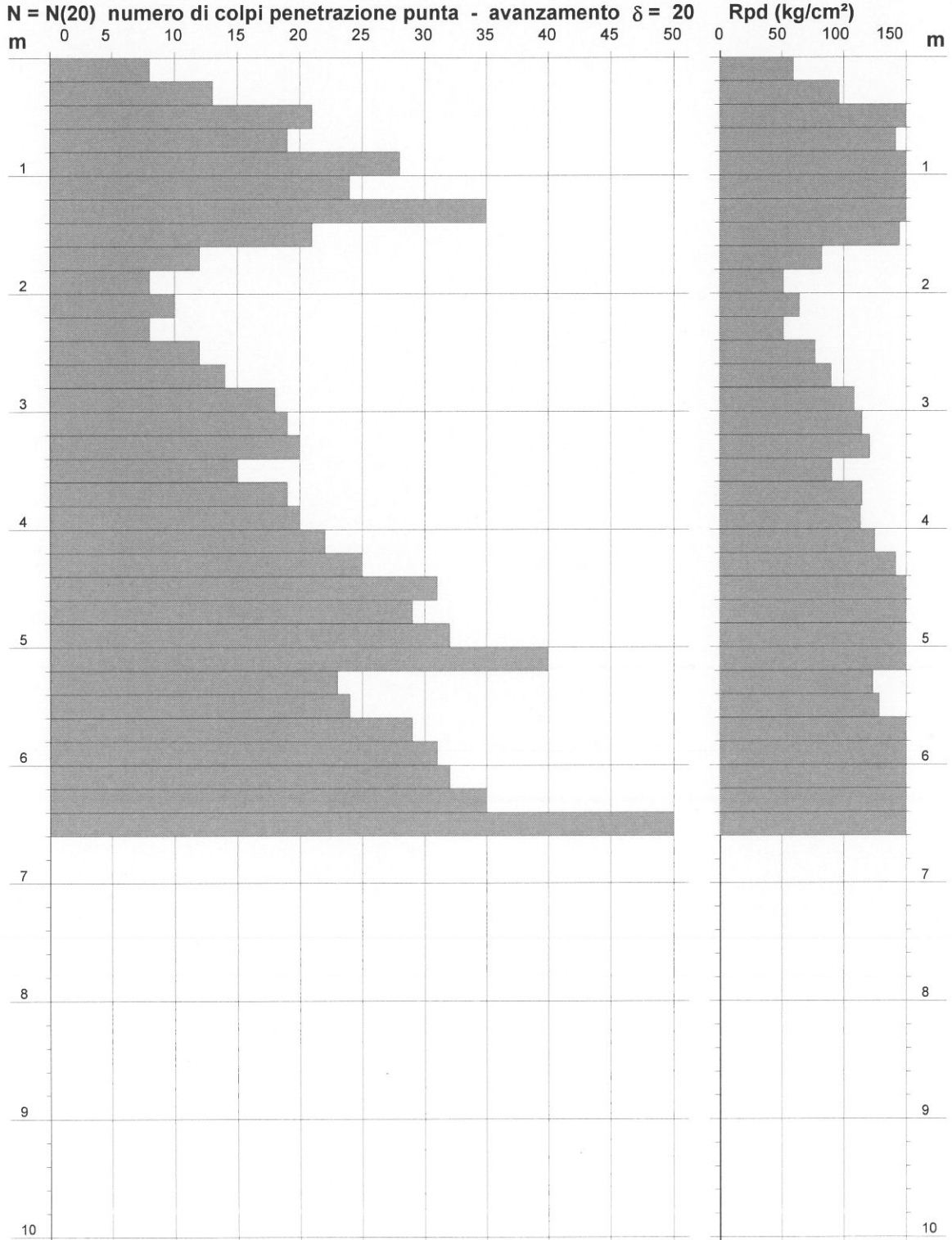
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)  
- note :

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



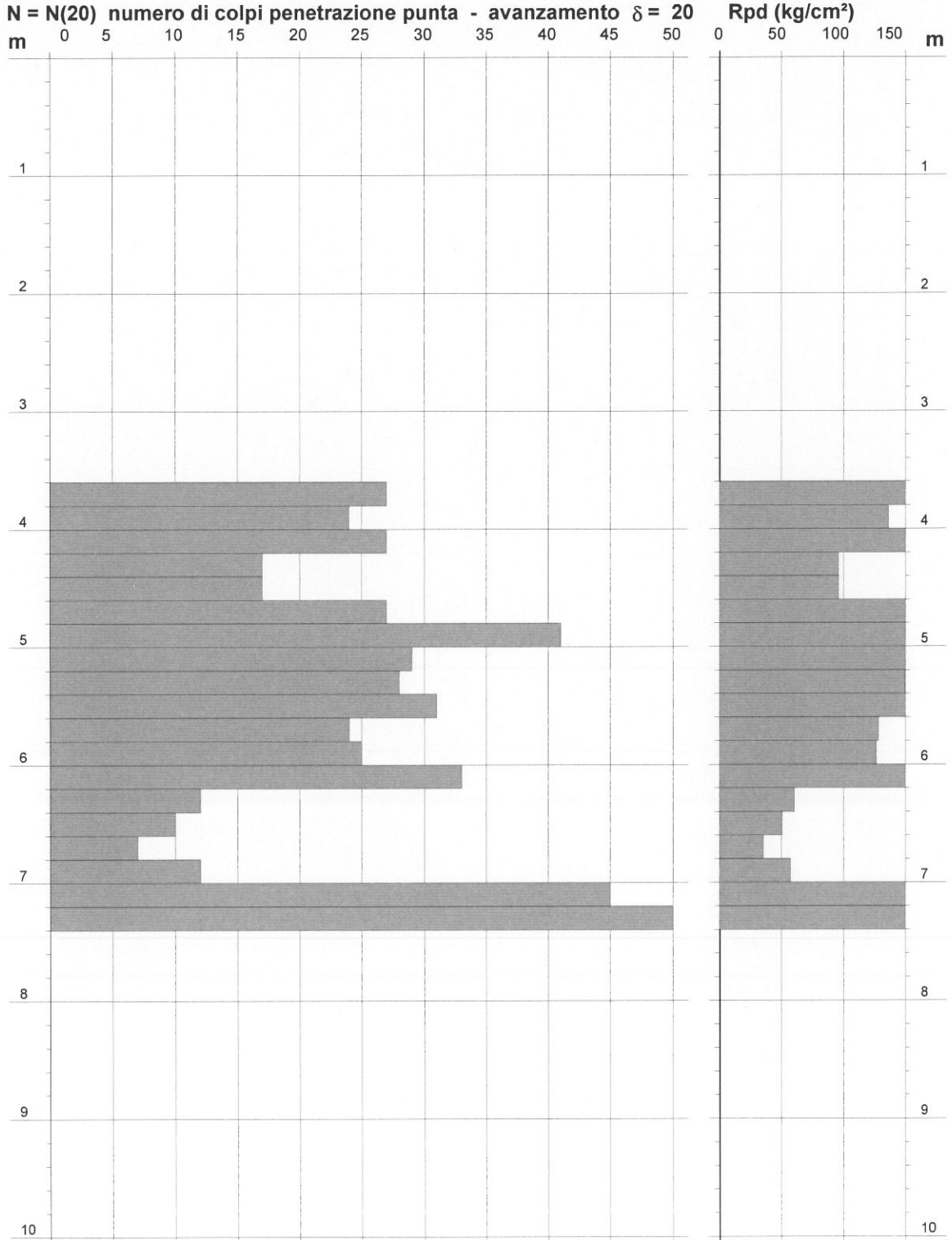
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
 - lavoro :  
 - località : Via Roma - Vinci (FI)  
 - note : Proseguimento della CPT3

- data : 08/07/2016  
 - quota inizio : Piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



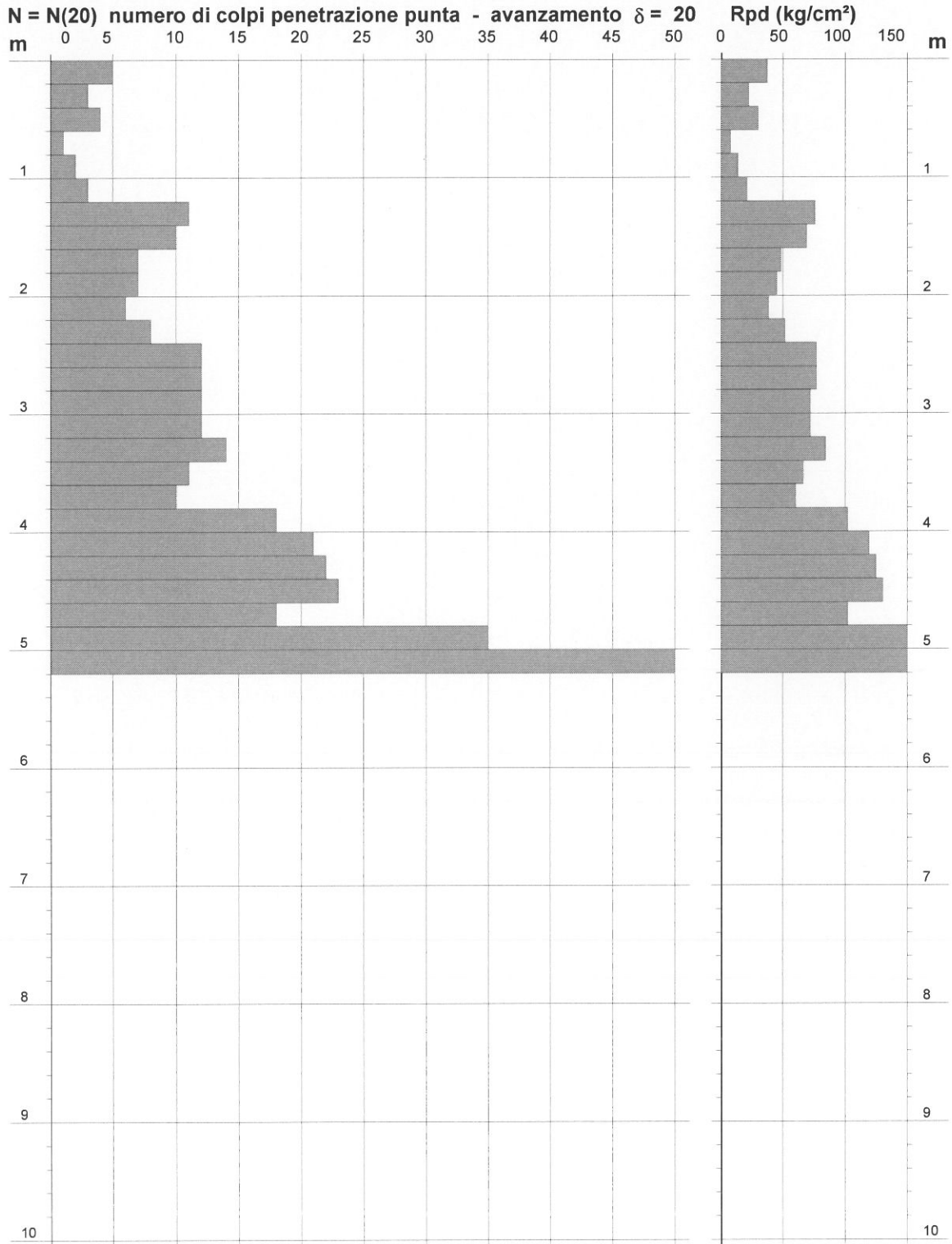
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)  
- note :

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

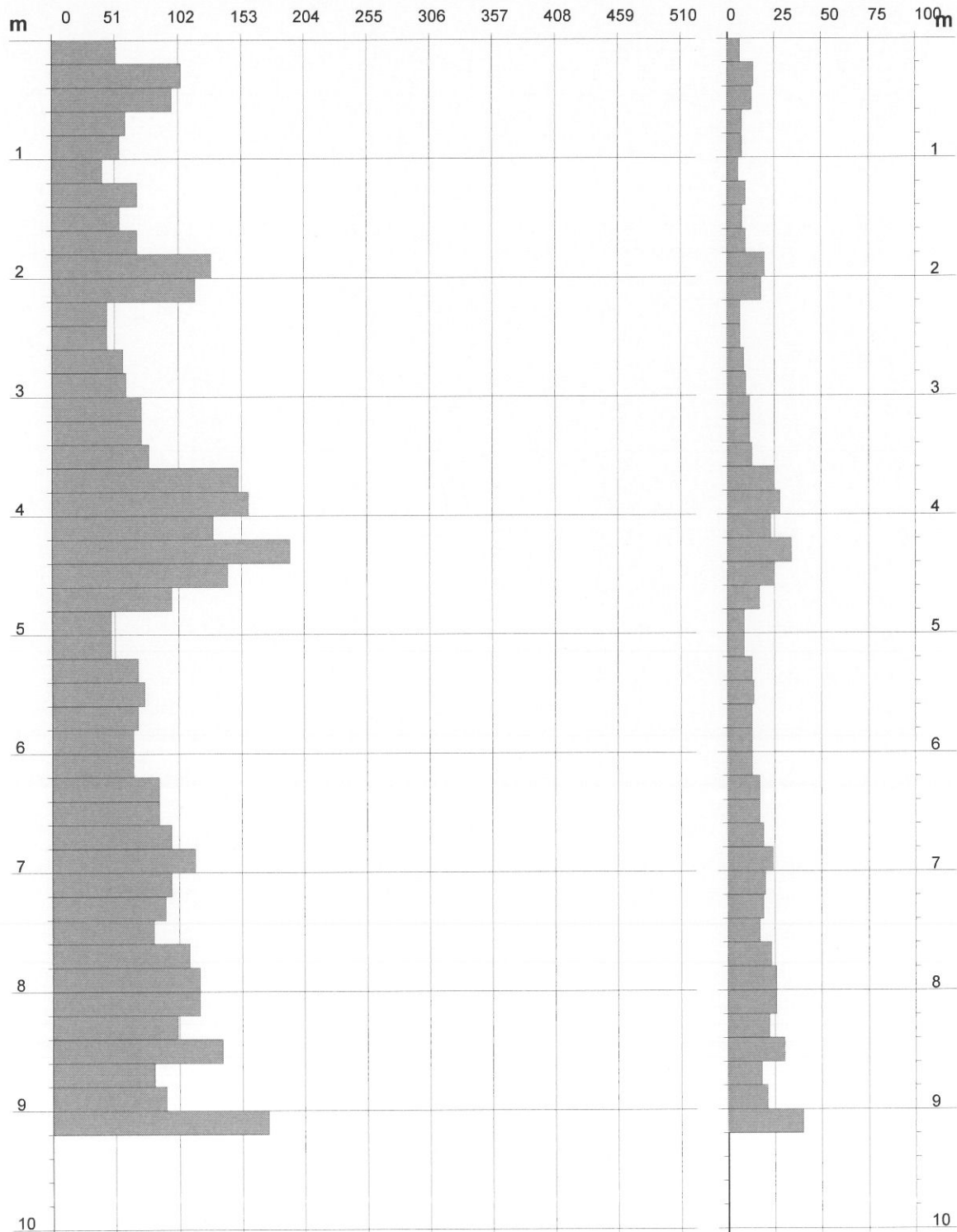
**DIN 1**

Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)

- data : 04/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi δ = 20**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

**DIN 2**

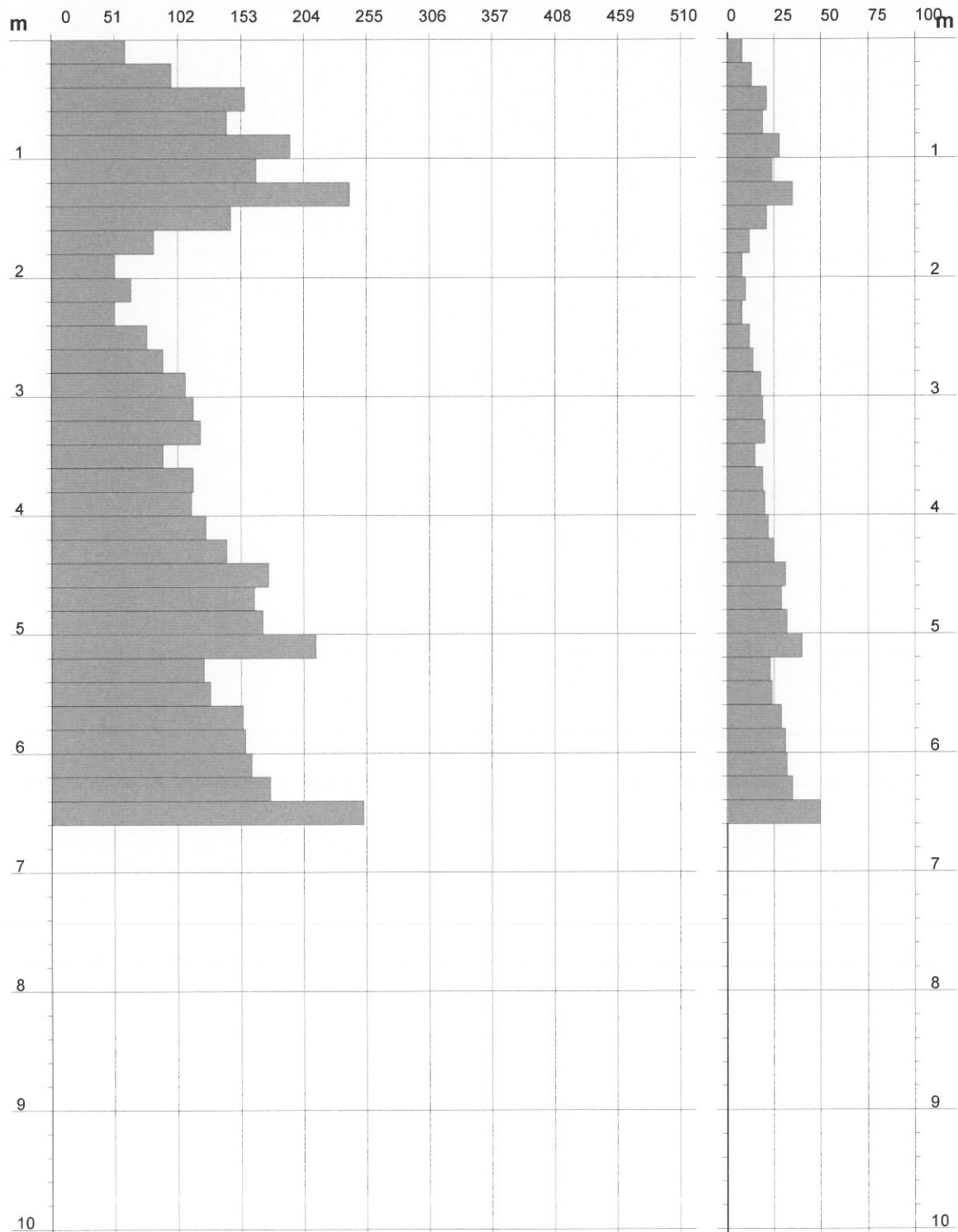
Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(20) n° colpi  $\delta = 20$**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

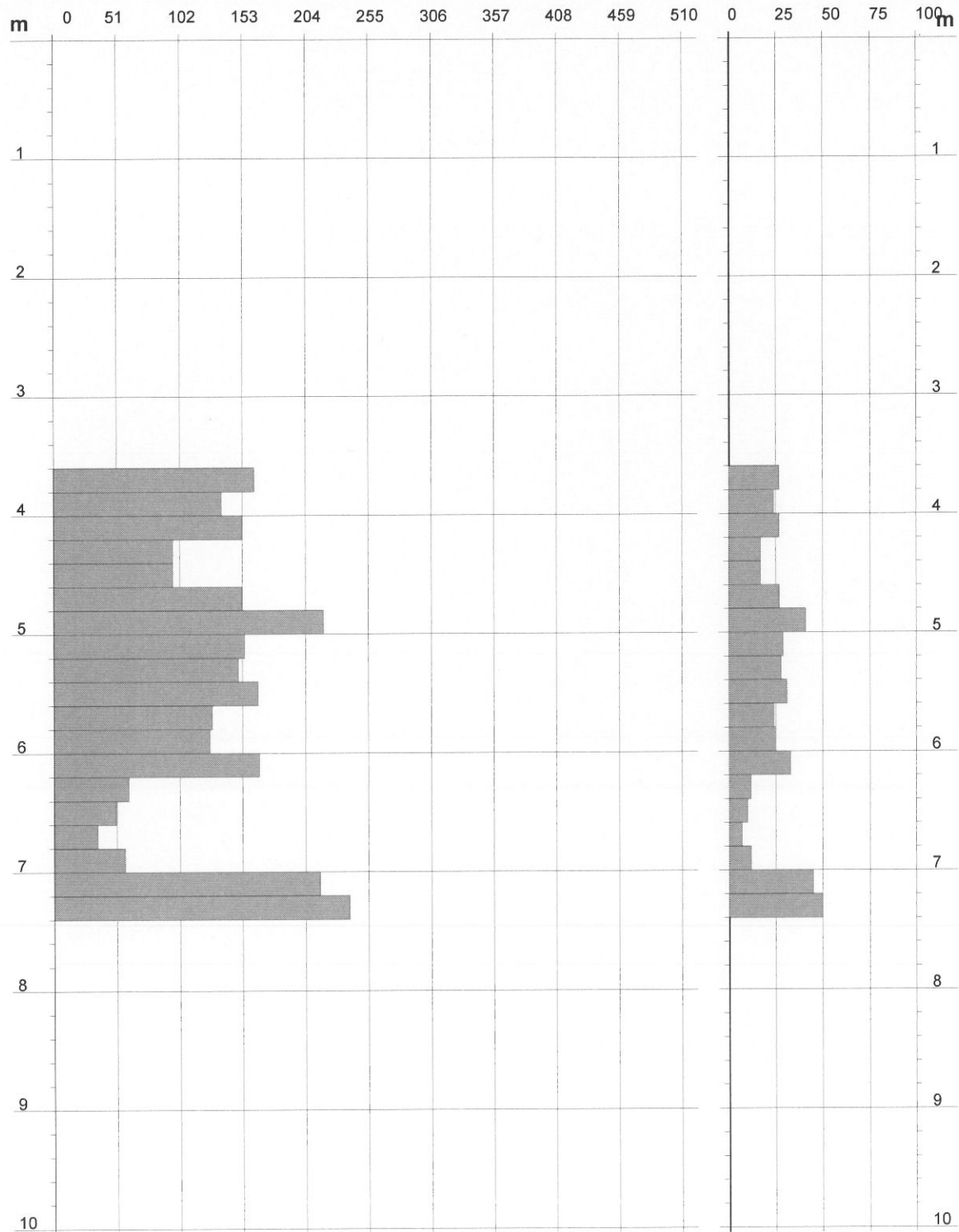
**DIN 3**

Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi δ = 20**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

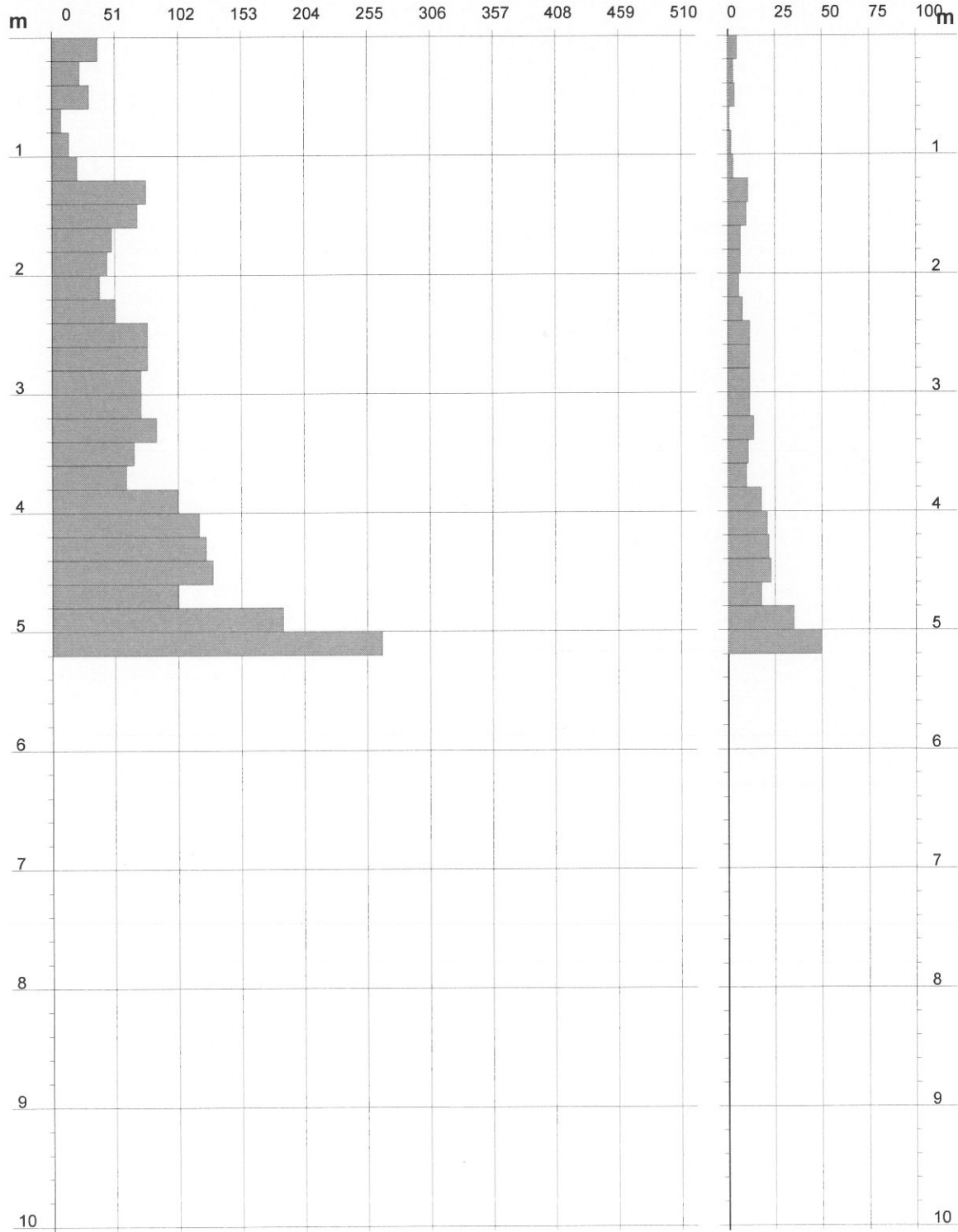
**DIN 4**

Scala 1: 50

- committente : Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA  
- lavoro :  
- località : Via Roma - Vinci (FI)

- data : 08/07/2016  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi δ = 20**



## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

**PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta  $q_c \text{ ( Kg / cm}^2 \text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale  $f_s \text{ ( Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale  $R_t \text{ ( Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ ( Kg)}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

1 kN ( kiloNewton ) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N  $\approx$  100 t

1 kPa ( kiloPascal ) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa ( MegaPascal ) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t / m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN



## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (qc / fs)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

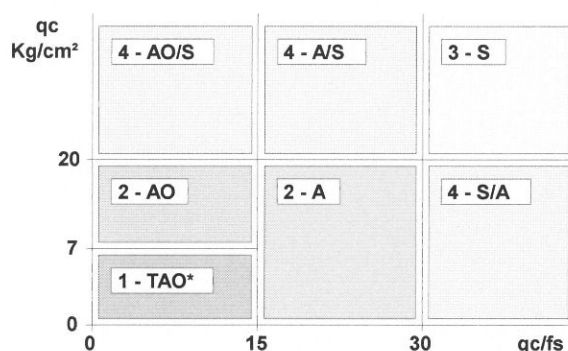
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$  ( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI anche se  $( qc / fs ) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI anche se  $( qc / fs ) < 30$



### NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma$  - qc - natura ] ( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ] ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo - qc - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [ correlazioni : Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  - Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)  
 $\phi'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi'_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata  
 $\phi'_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\phi'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.  
 $\phi'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\phi'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari ) ( g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) - Dr]

**Geognostica Fiorentina srl**  
 Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)  
 C.F./P.IVA • 05256260489  
 Tel. e Fax • 055 720195  
 E-mail • info@geognosticafiorentina.com  
 Web • www.geognosticafiorentina.com

Rapporto n°:	100-16		
Data:	04-08/07/2016		
Località:	Villa Pezzatini, via Roma – Vinci (FI)		
Coordinate Prova 1:	Latitudine: 43.785971°	Longitudine: 10.925810°	
Coordinate Prova 2:	Latitudine: 43.786168°	Longitudine: 10.925801°	
Coordinate Prova 3:	Latitudine: 43.785718°	Longitudine: 10.925497°	
Coordinate Prova 3:	Latitudine: 43.785788°	Longitudine: 10.925572°	

Documentazione fotografica



DPSH 1



DPSH 2



CPT/DPSH-3



DPSH-4

**Geognostica Fiorentina srl**  
Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)  
C.F./P.IVA • 05256260489  
Tel. e Fax • 055 720195  
E-mail • info@geognosticafiorentina.com  
Web • www.geognosticafiorentina.com



Ubicazione prove penetrometriche



**GEOGNOSTICA  
FIORENTINA SRL**

**Geognostica Fiorentina srl**

Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)

C.F./P.IVA • 05256260489

Tel. e Fax • 055 720195

E-mail • [info@geognosticafiorentina.com](mailto:info@geognosticafiorentina.com)

Web • [www.geognosticafiorentina.com](http://www.geognosticafiorentina.com)

COMUNE DI VINCI  
Provincia di Firenze



Oggetto:

Indagine geofisica di superficie mediante  
tomografia sismica con onde P,  
metodologia MASW e HVSR

RELAZIONE TECNICA



Località:

Via Roma - Vinci (FI)



Committente:

Sig.ra GILMUTDINOVA IRAYA

## **Introduzione**

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine geofisica eseguita il 5 luglio 2016, in via Roma, presso villa Pezzatini, nel Comune di Vinci (FI).

Dopo aver preso visione della zona, delle problematiche ad essa connesse e degli spazi a disposizione, è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche, consistente in due linee sismiche analizzate mediante tomografia sismica con onde P, metodologia MASW ed analisi dei microtrempi (HVSR), con lo scopo di caratterizzare dal punto di vista sismico le litologie presenti, evidenziando l'andamento dei vari sismostrati nella porzione di sottosuolo indagata. I dati ottenuti sono stati elaborati con la metodologia tomografica che permette di ottenere un'ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura. E' stato inoltre possibile mediante l'analisi MASW eseguire il calcolo delle velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30).

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

## **Metodologie d'indagine**

### *Sismica a rifrazione:*

La sismica a rifrazione considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si rifrangono su superfici di discontinuità. La velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è quindi funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi. Non sempre però un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico in quanto la velocità di propagazione può variare nell'ambito di uno stesso litotipo perché, variazioni di compattazione, fratturazione, porosità ecc., cambiano le caratteristiche elastiche. Dalla misura dei tempi di percorrenza dalla sorgente ai ricevitori, è possibile dedurre la velocità e gli spessori degli orizzonti in cui si propagano le onde elastiche generate e quindi ottenere informazioni sulla natura e sulla struttura del sottosuolo.

La condizione fondamentale nella rifrazione è che la velocità delle onde sia crescente con la profondità. I raggi che incontrano la superficie di separazione tra i due mezzi verranno riflessi e rifratti. Nel punto in cui l'angolo di incidenza con la normale alla superficie di separazione è pari all'angolo critico, il raggio verrà rifratto a 90° secondo la legge di Snell e viaggerà lungo la superficie di separazione tra i due mezzi alla velocità del mezzo più veloce (quello a maggior profondità tra i due).

Per il principio di Huygens il fronte d'onda rifratto genera a sua volta onde che risalgono verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza e possono essere intercettati dai ricevitori.

Una volta acquisiti i dati, l'interpretazione dei segnali e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde, avviene attraverso una serie di fasi tra cui:

- mediante l'osservazione di sismogrammi, l'individuazione dei primi arrivi ed il relativo *picking*,
- ricostruzione delle dromocrone (Tavola 2) cioè di un diagramma che ha in ascisse le distanze dei geofoni e in ordinate i tempi dei primi arrivi; calcolo delle velocità delle onde sismiche mediante analisi tomografica (Tavola 3 e 4).

Il metodo della *tomografia sismica* è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, migliorabile attraverso successive iterazioni fino alla migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

Per l'analisi interpretativa sono stati utilizzati i software Easy Refract (Geostru) e Rayfract 3.2 per la tomografia sismica; Winmasw Academy 7.0 della Eliosoft per l'analisi MASW.

### MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, e quindi di calcolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette VS30), come richiesto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14/01/2008.

In un mezzo stratificato le onde di superficie (Rayleigh e Love) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i

70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh e/o Love), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh è fatta mediante geofoni verticali ed energizzazione piastra-martello; per le onde di Love con geofoni orizzontali ed energizzazione martello-trave di legno, ortogonale allo stendimento.

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità;
2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori;
3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia;
4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

#### HVSR:

Il metodo HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio), è una tecnica di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito "rumore sismico", "vibrazione ambientale" o "microtremore", costituito da piccole vibrazioni del terreno dell'ordine di  $10^{-4}$ - $10^{-2}$  cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell'anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho r V_r / \rho s V_s$$



Dove  $\rho_r$  è la densità del substrato e  $\rho_s$  del terreno soprastante;  $V_r$  la velocità delle onde di taglio del substrato e  $V_s$  del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d'impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove:  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di  $V_s$  che dà origine ad un picco dell'H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

### **Schema operativo**

Nella Tavola 1 allegata è riportato un inquadramento dell'area con inserite le tracce delle linee sismiche eseguite. Sono inoltre riportate le coordinate geografiche dei geofoni G1 e G24

Dopo una prima analisi dell'area, stabilite le finalità delle indagini da eseguire, ed in considerazione degli spazi a disposizione, sono state adottate per le prospezioni sismiche le seguenti configurazioni e sono state eseguite le seguenti analisi schematizzate di seguito:

#### LINEA 1 (Tomografia sismica onde P e analisi MASW):

- 24 geofoni; distanza intergeofonica di 1.0 m per complessivi 23 ml di rilievo (G1-G24)
- Coordinate linea sismica: G1 43.785674°, 10.925363°; G24 43.785742°, 10.925666°
- Sono stati eseguiti n°7 scoppi di cui 3 all'interno della linea e 4 esterni.
- Eseguita l'acquisizione dei dati, l'interpretazione è stata fatta mediante l'osservazione dei sismogrammi, l'individuazione dei primi arrivi ed il relativo *picking*; la ricostruzione delle dromocrone; calcolo delle velocità delle onde elastiche e la ricostruzione del modello del sottosuolo

#### LINEA 2 (Analisi MASW)

- 12 geofoni; distanza intergeofonica di 3.0 m per complessivi 46 ml di rilievo (G1-G12)
- Coordinate linea sismica: G1 43.786136°, 10.925529°; G24 43.786074°, 10.925940°
- Sono stati eseguiti n°2 scoppi esterni.

Per entrambe le linee sopradescritte l'analisi MASW è stata eseguita con le seguenti modalità:

- Tempo di acquisizione: 1.5 s; frequenza di campionamento: 2.000 Hz; periodo di campionamento: 500  $\mu$ s.
- L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi: 1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

#### HVSR 1 e 2:

Acquisizione:

- registrazione: 20 minuti
- frequenza di campionamento: 300 Hz (ricampionata a 64 Hz)

Elaborazione:

- finestra: 20 secondi
- tapering: 8 %

lisciamento: finestra triangolare (10 %)

#### **Strumentazione impiegata**

Tomografia sismica e MASW: Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA Electronic Instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati, geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di corpo P si è fatto uso di una mazza con maglio da 8 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è usato quello con

geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

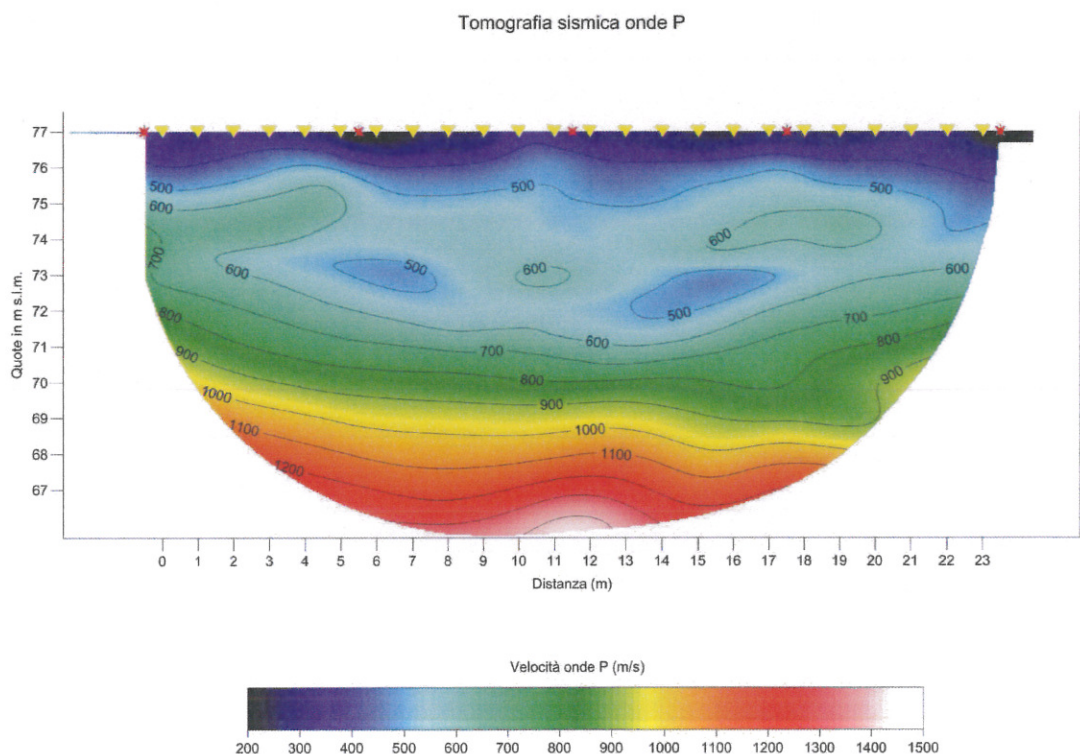
HVSR: L'acquisizione HVSR è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS Eee PC 1001PX. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 7.0 Academy della Eliosoft.

## Analisi dei risultati

### LINEA SISMICA 1

L'elaborazione con tecnica tomografica del profilo sismico ha permesso di ottenere una sezione sismica nella quale viene riportato l'andamento nel sottosuolo delle velocità delle onde P (vedi figura seguente e Tavola 3).

Tale andamento viene graficamente rappresentato sia mediante una scala di falsi colori, ai quali competono via via velocità sismiche sempre maggiori, sia mediante curve di isovelocità distribuite regolarmente ogni 100 m/s.



Nel complesso la tomografia ottenuta ha evidenziato il primo metro circa (terreno di riporto), di materiale a bassa velocità (intorno ai 400 m/s) messo in evidenza anche dai risultati delle analisi dirette (prove penetrometriche) eseguite in corrispondenza della linea sismica. Al di sotto abbiamo, sempre in base alle indagini dirette ed a documentazione bibliografica, una litologia corrispondente a sabbie e sabbie-limose che appaiono più addensate e più omogenee a partire da 5-7 m di profondità, in corrispondenza delle curve di isovelocità dei 700 m/s, denotando un miglioramento progressivo delle caratteristiche dei terreni interessati.

Per quanto riguarda le analisi dei dati HVSr, individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, viene creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 20 secondi, in parziale sovrapposizione (Tavola 4).

I risultati di tali operazioni mostrano per la misura HVSr\_1 un picco di frequenza, che si può attribuire a motivi litologici, intorno a 1,0 Hz con ampiezza di circa 2.6, corrispondente ad un contrasto di impedenza profondo, stimato intorno a 100 m (vedi analisi congiunta MASW-HVSr), in accordo anche con quanto riportato dal seguente abaco (*Da Albarello et alii, 2010*) che permette una identificazione preliminare delle interfacce risonanti, e quindi di stimare (in prima approssimazione) lo spessore della coltre di sedimenti.

$f_0$ (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 - 2	100 - 50
2 - 3	50 - 30
3 - 5	30 - 20
5 - 8	20 - 10
8 - 20	10 - 5
> 20	< 5

*Da Albarello et alii, 2010*

Per quanto riguarda i criteri SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSr e degli eventuali picchi presenti), sono risultati soddisfatti tutti e tre i "criteri per una curva H/V affidabile"; e quattro su sei dei "criteri per un picco H/V chiaro" (vedi tabella seguente).

## HVSr\_1 - Criteri SESAME (picco 1,0 Hz)

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0 Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.0 ( $\pm 4.1$ )

Peak HVSr value: 2.6 ( $\pm 0.6$ )

Criteria for a reliable H/V curve

#1.  $[f_0 > 10/Lw]: 1.001 > 0.5$  (OK)

#2.  $[nc > 200]: 1982 > 200$  (OK)

#3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)

#1.  $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]: \text{yes (considering standard deviations), at frequency } 0.3\text{Hz}$  (OK)

#2.  $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]: \text{yes, at frequency } 1.5\text{Hz}$  (OK)

#3.  $[A_0 > 2]: 2.6 > 2$  (OK)

#4.  $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]:$  (NO)

#5.  $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]: 4.093 > 0.100$  (NO)

#6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.590 < 1.78$  (OK)

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia MASW, con onde di Rayleigh avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa *picking* della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato *modo*; 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs tramite analisi congiunta.

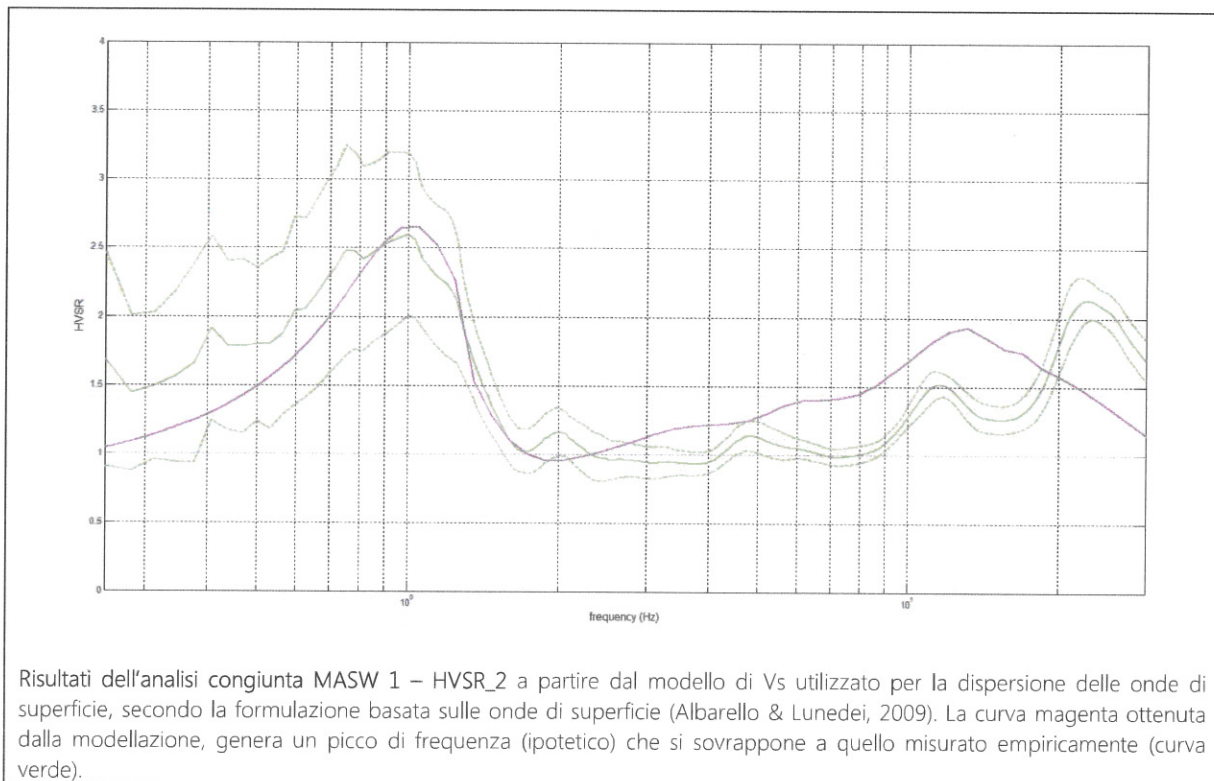
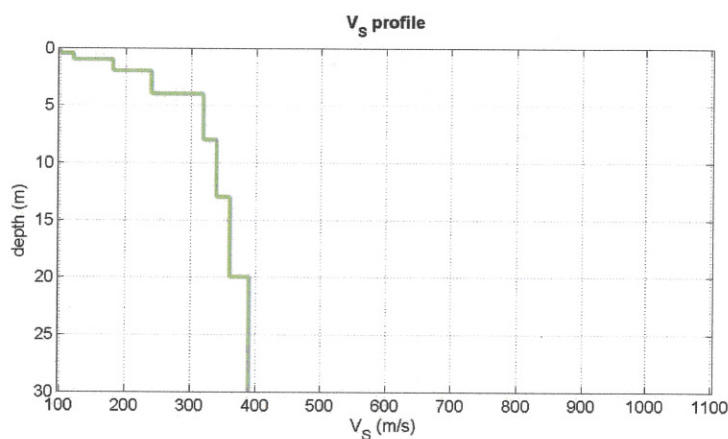
Analisi congiunta MASW-HVSr: Per analisi congiunta si intende l'utilizzo di tutti i dati a disposizione all'interno dello stesso strumento di analisi. Questo tipo di analisi offre numerosi vantaggi, primo fra tutti quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non-univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie.

Dai dati acquisiti mediante MASW si è effettuato il calcolo della curva di dispersione (con attribuzione degli spessori e delle velocità relative), ed a partire da questo la creazione, mediante il software utilizzato, di una "curva teorica" H/V. Infine confrontando tale curva con quella misurata empiricamente, si è cercato di affinare il modello sismostratigrafico in modo da ottenerne uno che rappresenti al meglio la curva di dispersione e che faccia sovrapporre le curve H/V ed in particolare la frequenza del principale picco, tipicamente legato al più profondo contatto litologico "significativo".

Tale operazione consente di vincolare il modello Vs specialmente in profondità dove il margine di incertezza è maggiore. I risultati sono riportati in Tavola 5.

Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati gli spessori, le relative velocità Vs, e l'analisi congiunta HVSR-MASW, ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.

Spessore (m)	Vsh (m/s)
0.5	100
0.5	120
1.0	180
2.0	240
4.0	320
5.0	340
7.0	360
25.0	390
25.0	420
25.0	450
100.0	830
semi-spazio	1.050
Modello sismostratigrafico stimato	



Risultati dell'analisi congiunta MASW 1 – HVSR\_2 a partire dal modello di Vs utilizzato per la dispersione delle onde di superficie, secondo la formulazione basata sulle onde di superficie (Albarello & Lunedei, 2009). La curva magenta ottenuta dalla modellazione, genera un picco di frequenza (ipotetico) che si sovrappone a quello misurato empiricamente (curva verde).

## LINEA SISMICA 2

Per quanto riguarda le analisi dei dati HVSR\_2 (Tavola 6), per la stazione di misura posizionata in corrispondenza della linea sismica 2, i risultati mostrano un picco di frequenza, che si può attribuire a motivi litologici, intorno a 1,4 Hz con ampiezza di circa 2.3, corrispondente ad un contrasto di impedenza profondo stimato intorno a circa 72 m (vedi analisi congiunta MASW-HVSR), in accordo anche con quanto riportato dal seguente abaco (*Da Albarello et alii, 2010*) che permette una identificazione preliminare delle interfacce risonanti, e quindi di stimare (in prima approssimazione) lo spessore della coltre di sedimenti.

Per quanto riguarda i criteri SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti), sono risultati soddisfatti tutti e tre i "criteri per una curva H/V affidabile"; e quattro su sei dei "criteri per un picco H/V chiaro" (vedi tabella seguente).

### Criteria SESAME (picco 1,4 Hz)

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0 Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.4 ( $\pm 0.4$ )

Peak HVSR value: 2.3 ( $\pm 0.4$ )

Criteria for a reliable H/V curve

#1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 1.376 > 0.5 (OK)

#2. [ $n_c > 200$ ]: 2670 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.2Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.3 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

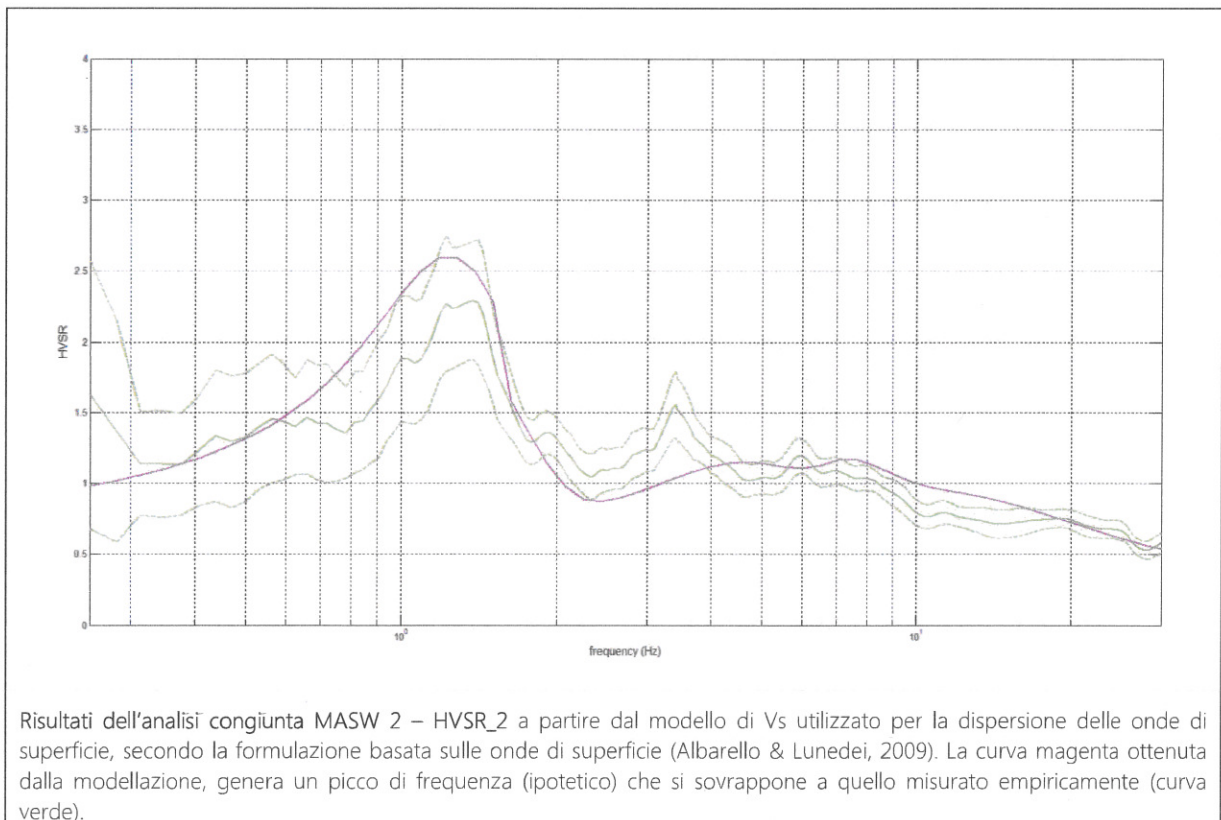
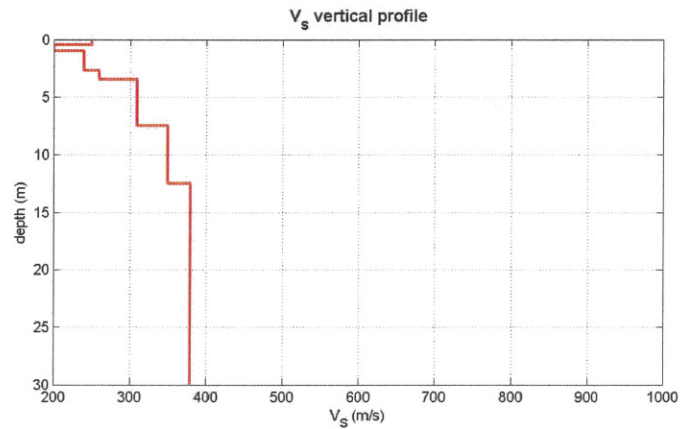
#5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]: 0.409 > 0.138 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.415 < 1.78 (OK)

La linea sismica è stata analizzata mediante analisi MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), analisi della dispersione delle onde di Rayleigh e di Love. I risultati sono riportati nelle Tavole 7 e 8. Nella Tabella e nella Figura sottostante vengono riportati: l'andamento del profilo di velocità; gli spessori e le relative velocità Vs stimati; l'analisi congiunta HVSR-MASW.

Spessore (m)	Vsh (m/s)
0.5	250
0.5	200
1.7	240
0.8	260
4.0	310
5.0	350
20.0	380
20.0	400
20.0	420
100.0	810
semi-spazio	1.000

Modello sismostratigrafico stimato



### Categoria di sottosuolo

L'analisi della dispersione delle onde superficiali abbinata all'analisi HVSR ha consentito inoltre la caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde



di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è ottenuta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Dalla stima del profilo verticale di Vs tramite dispersione delle onde superficiali eseguito su tutte e due le linee è stato fatto il calcolo del cosiddetto parametro Vs30, ed è risultato 315 m/s – 341 m/s, considerando come riferimento il piano campagna. In base al profilo sismostratigrafico ottenuto il sito risulta compatibile con la categoria di sottosuolo C secondo il DM 14 gennaio 2008 - Tabella 3.2.II, riportata in Tavola 9.

Sarà cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di Vs30 e conseguentemente la categoria di suolo.

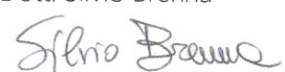
Scandicci, lì 21/07/2016

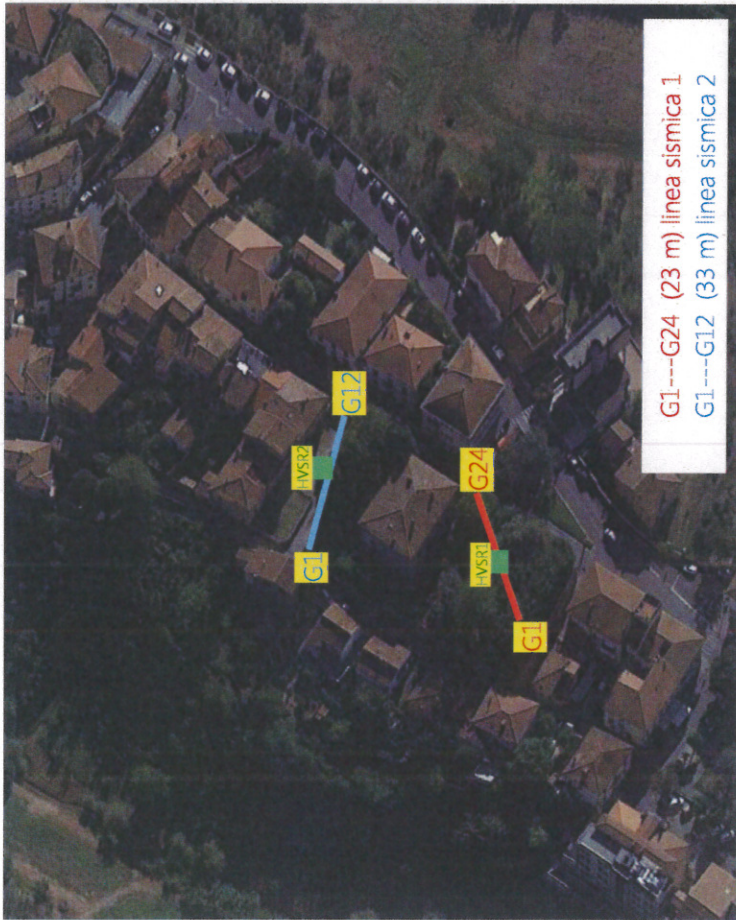
I Tecnici

Dott. Santi Accetta



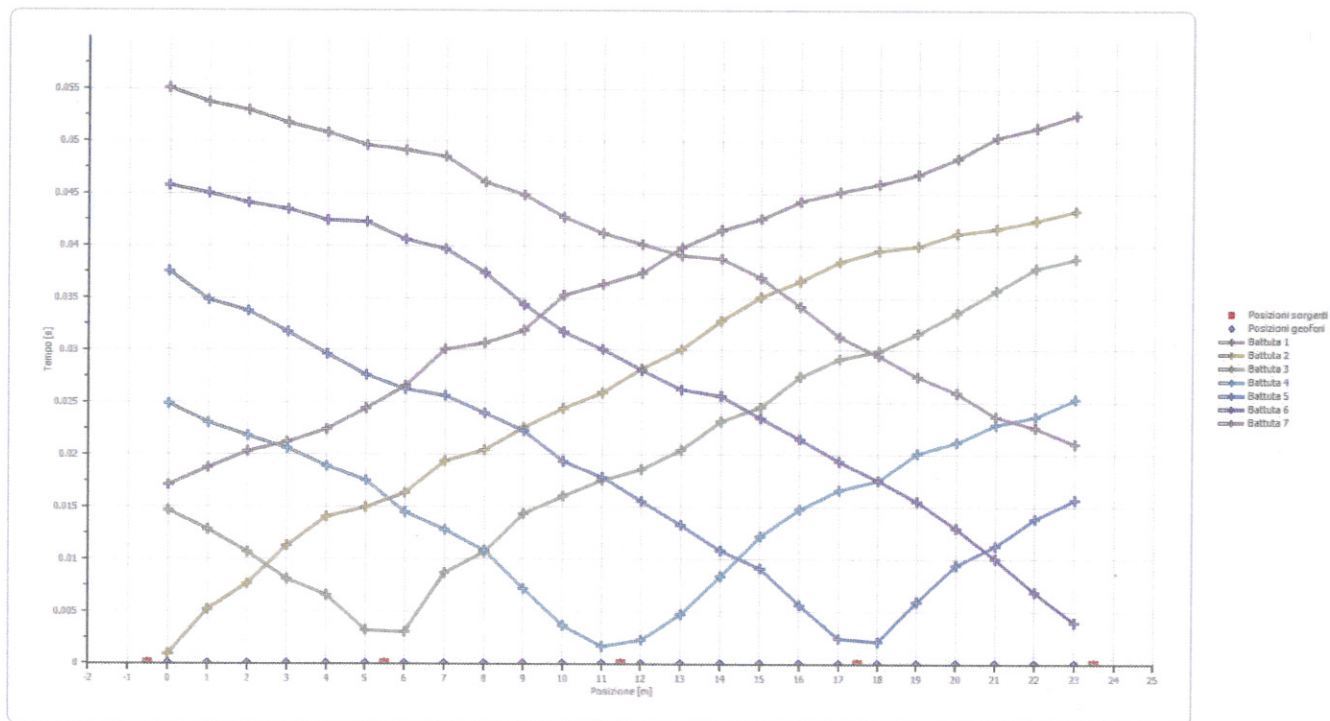
Dott. Silvio Brenna



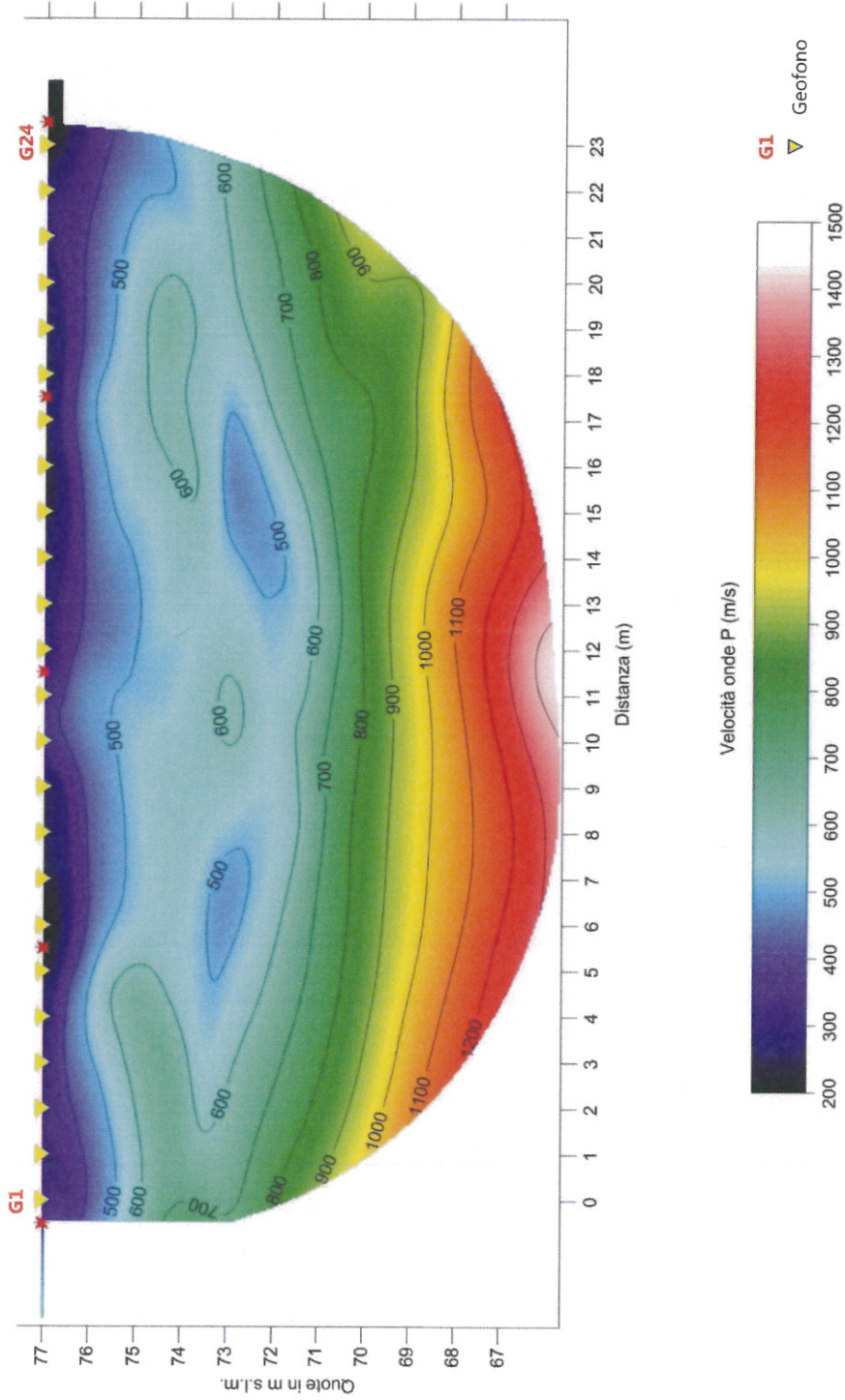


Coordinate linea sismica 1	
G1	43.785674° 10.925363°
G24	43.785742° 10.925666°
HVS1_1	43.785730° 10.925509°
Coordinate linea sismica 2	
G1	43.786136° 10.925529°
G12	43.786074° 10.925940°
HVS2_2	43.786092° 10.925782°

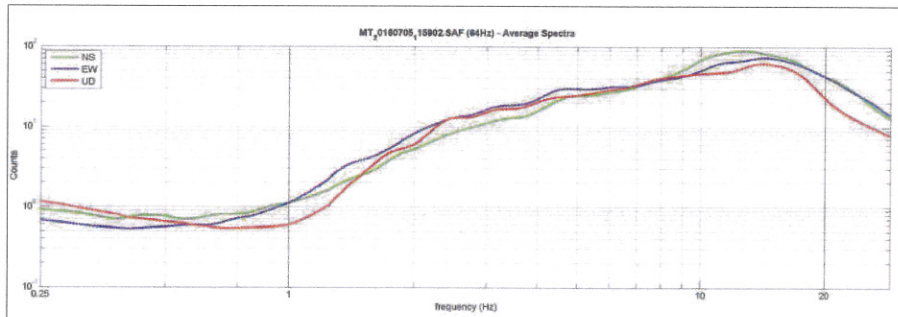
### DROMOCRONE ONDE P (LINEA 1)



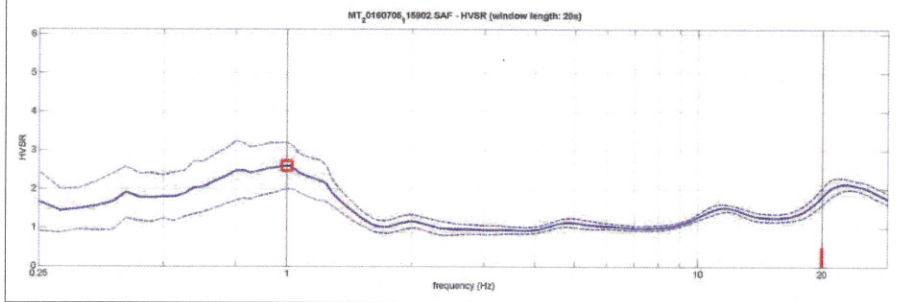
Tomografia sismica - LINEA 1 - Onde P  
 scala 1:150



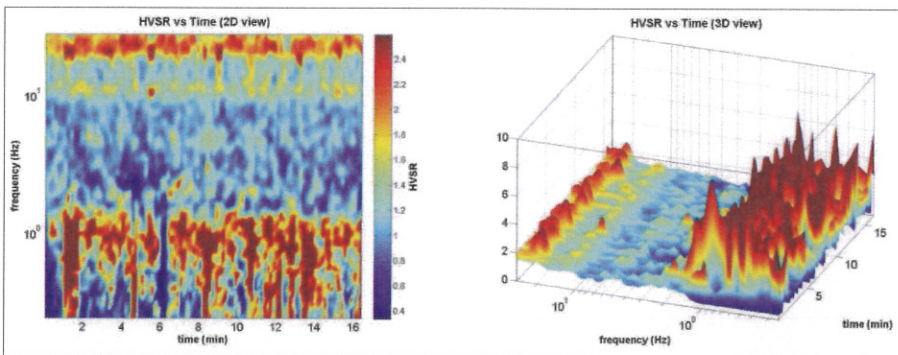
# HVSR\_1



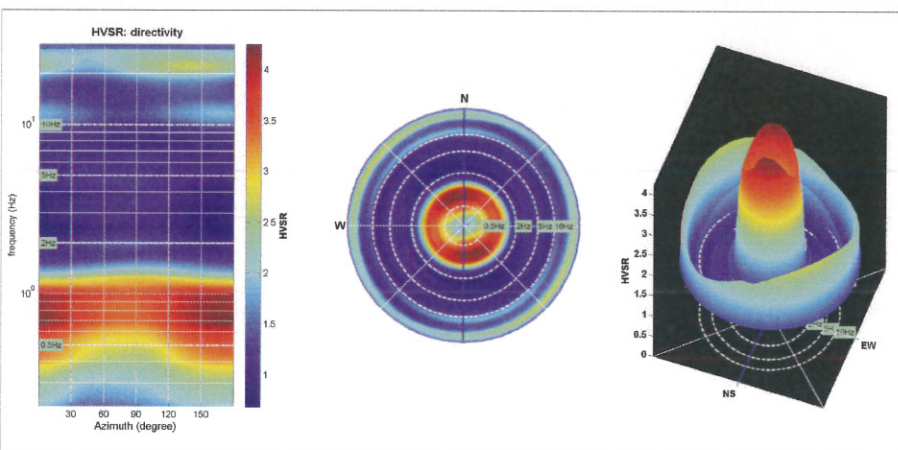
Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)



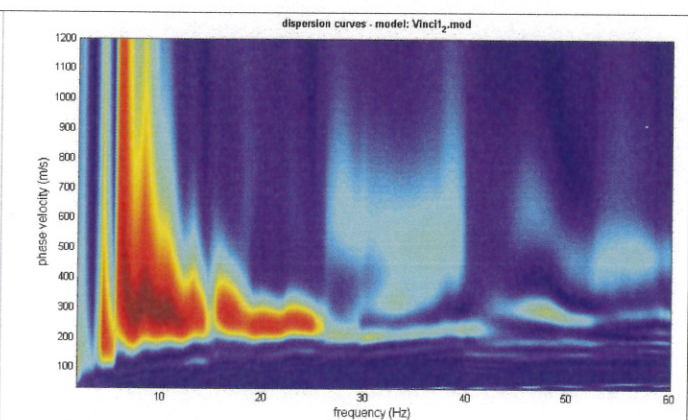
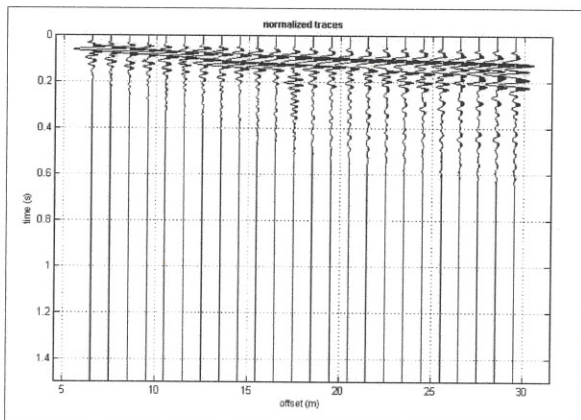
Rapporto spettrale H/V



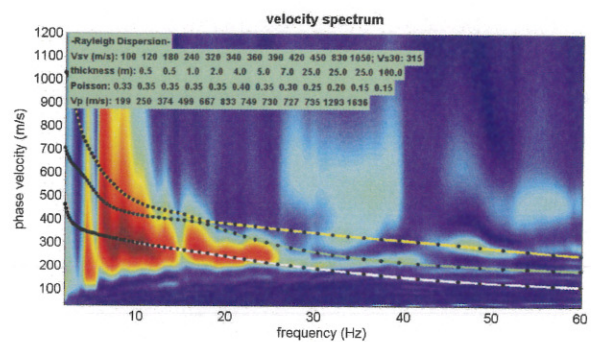
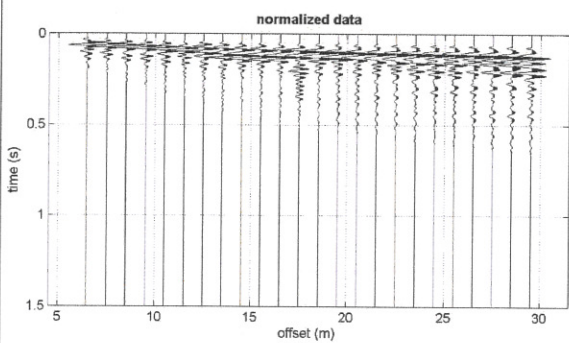
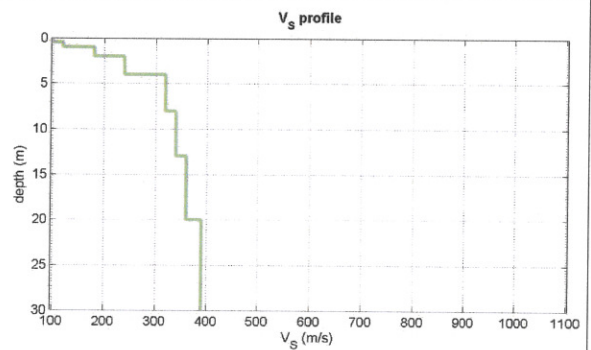
Persistenza del segnale



Direttività



Componente di Rayleigh - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW.

In basso: sismogramma e spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh).

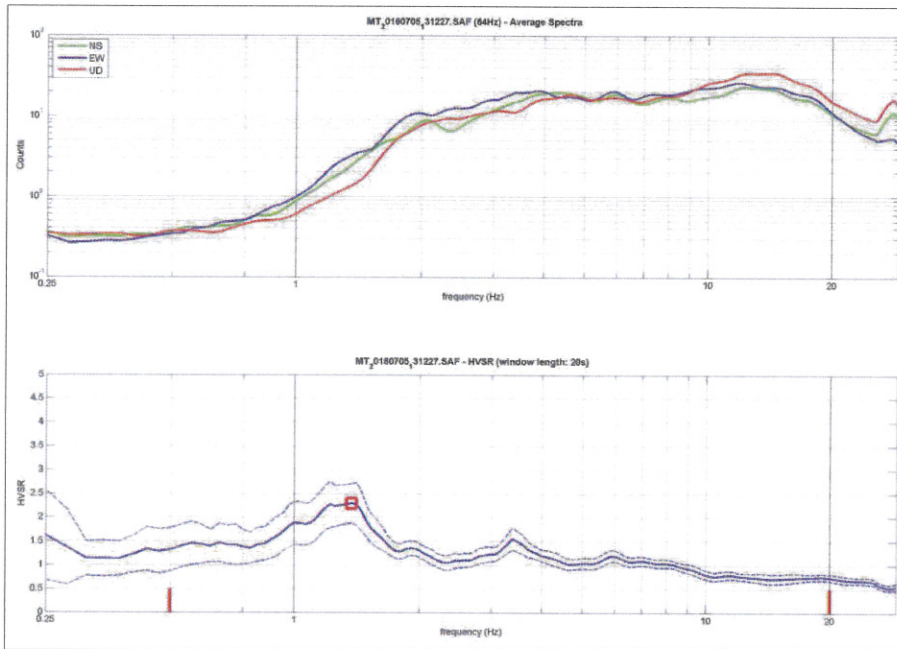
In alto: profilo verticale Vs identificato dall'inversione.



Indagine geofisica di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica con onde P, metodologia MASW e HVSr.  
Località: Villa Pezzatini, Via Roma - Vinci (FI).

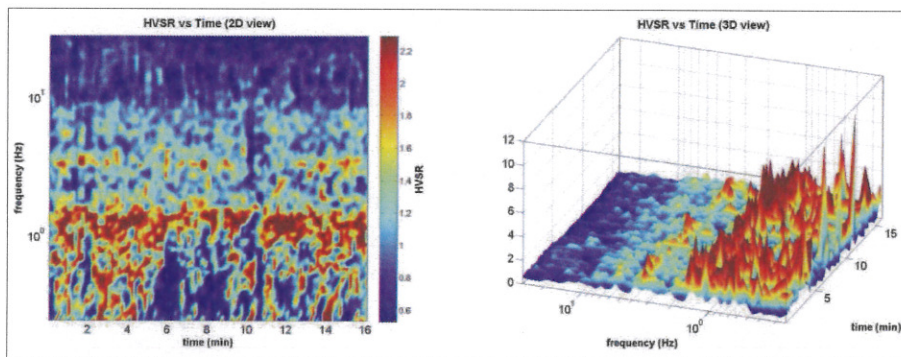
**TAVOLA 5**  
Analisi MASW 1

## HVSR\_2

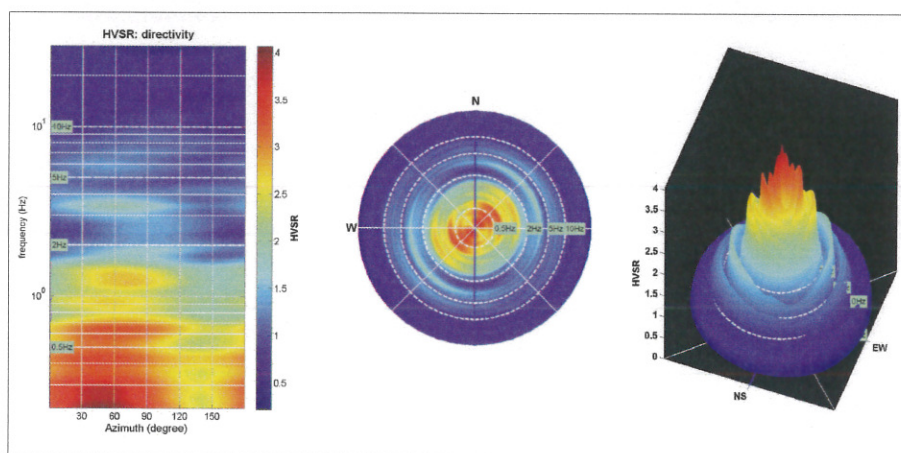


Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)

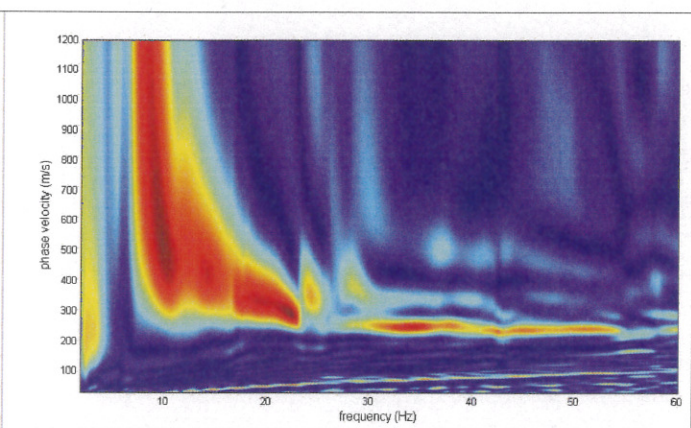
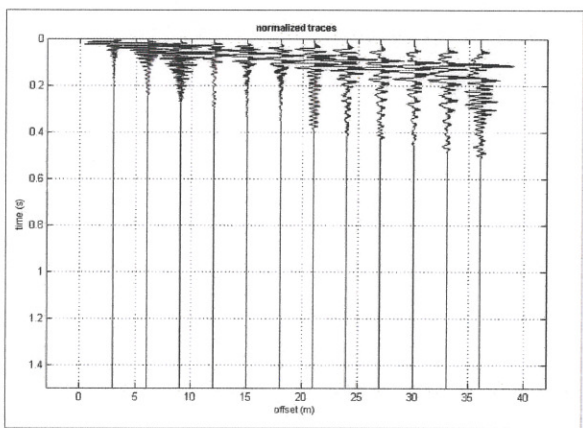
Rapporto spettrale H/V



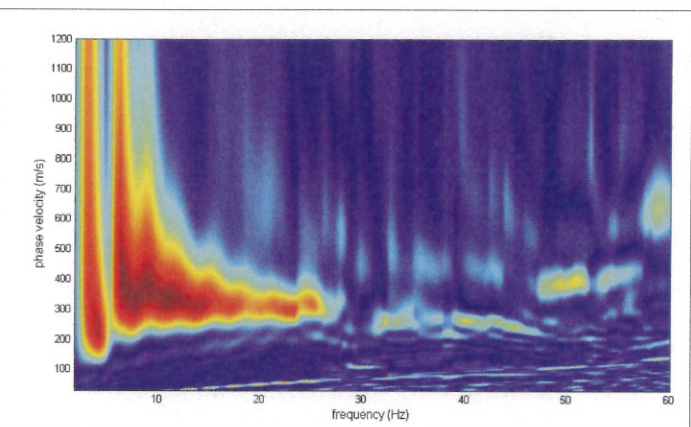
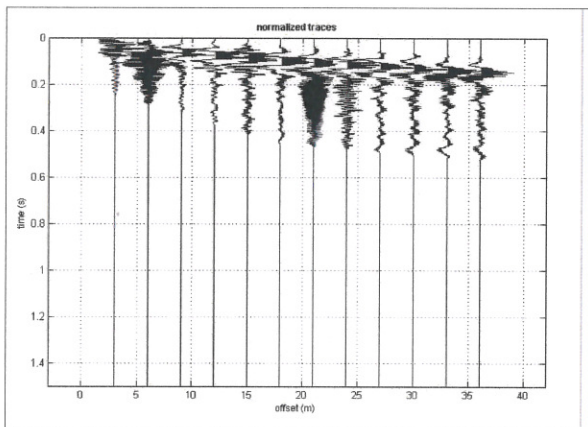
Persistenza del segnale



Direttività

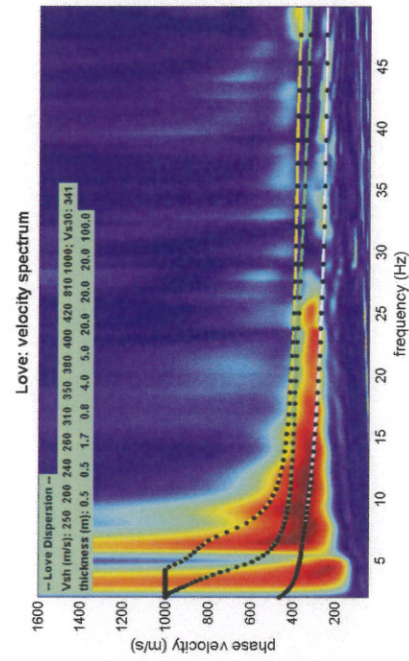
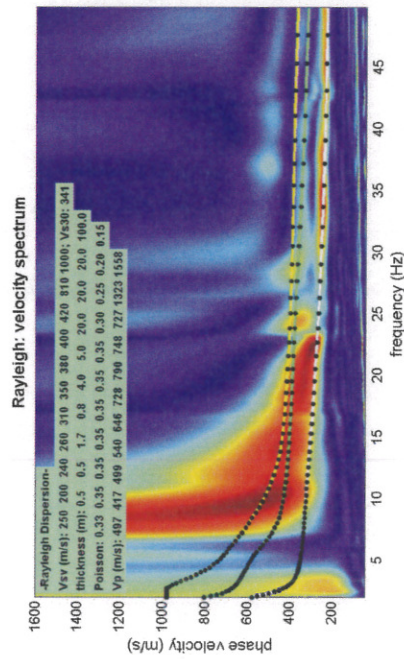
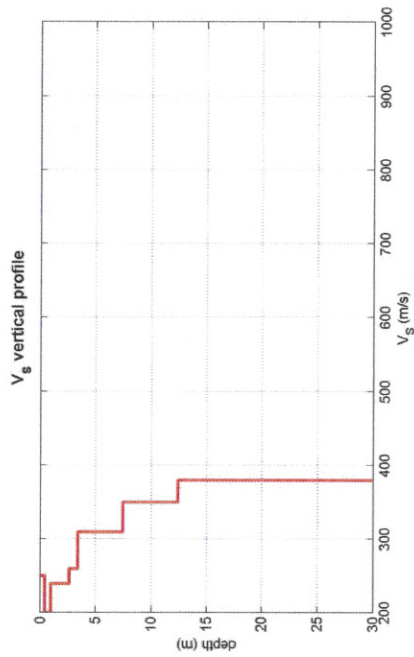


Componente di Rayleigh - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Componente di Love - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).





Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW.

In basso: spettri osservati con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh a sinistra e di Love a destra). In alto: profilo verticale V<sub>s</sub> identificato dall'inversione.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 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	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 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.

Categorie di sottosuolo (D.M. 14/01/2008 - Tabella 3.2.II e 3.2.III)