

**Relazione di fattibilità
geologica, sismica e idraulica**

ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011

Oggetto

PIANO ATTUATIVO 1
La Doccia di Vinci

Ubicazione

Via Cino da Pistoia
Comune di Vinci (FI)

Committente

Brogi Cesare

Il tecnico
Geol. Luca Peruzzi

Dicembre 2017

Premessa

La presente relazione di fattibilità geologica, sismica ed idraulica è stata redatta a supporto del Piano Attuativo 1 - La Doccia di Vinci posto lungo la strada comunale di Via Cino da Pistoia a Nord del centro abitato di Vinci (Tavv.1-3); l'intervento prevede la ristrutturazione degli edifici esistenti all'interno dell'area di piano e la realizzazione di un percorso pedonale chiamato strada verde (Tav.7).

L'indagine, sulle cui risultanze è stato redatto il presente rapporto, è stata svolta in ottemperanza del D.P.R.G. n.53/R/2011 e della Del.G.R.T. n.878 del 08/10/2012 sulla classificazione sismica del territorio regionale che inserisce il Comune di Vinci nella Zona 3.

Dal punto di vista del rischio idraulico questo elaborato è stato redatto ai sensi della D.C.R.T. n.72/07 (PIT), del D.P.C.M. n.226 del 05/11/99, della L.R. n.21/2012, del PGRA (Piano di Gestione Rischio di Alluvioni) oltre che ai sensi delle vigenti N.T.A. del Comune di Vinci.

Le indagini geologiche annesse alla variante al P.S. del Comune di Vinci inseriscono l'area dell'intervento nelle classi di **pericolosità geologica media G2 ed elevata G3** (Tav.4) ed in classe di **pericolosità sismica locale media S2** (Tav.5); la zona in oggetto è, inoltre, inserita tra le aree classificate a pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante PF.2 del D.P.C.M. 06/05/05 (PAI-Autorità di Bacino F.Arno).

Dal punto di vista **idrologico ed idraulico** l'area in oggetto è ubicata all'interno di una zona collinare, ad una quota variabile da circa 90 a 120 m s.l.m., a dislivelli superiori a 10 m dalle valli in cui scorrono i corsi d'acqua più vicini (Borro dei Morticini e Borro del Fontino– Tav.6). Vista la collocazione di alto morfologico, quindi, l'area risulta esterna alle zone indicate all'Art.36, comma 3 della Del.C.R.T. n.72/07 (PIT) ed alle aree vincolate dal D.P.C.M. n.226 del 05/11/99; infine, in base al PGRA, la zona dell'intervento non è inserita tra le aree classificate a pericolosità da alluvione, mentre le indagini geologiche annesse alla variante al P.S. del Comune di Vinci inseriscono l'area in classe di **pericolosità idraulica bassa I1**.

Considerata la natura superficiale del terreno ed il tipo di intervento, per definire le caratteristiche geomeccaniche e stratigrafiche dei terreni coinvolti, in questa fase di fattibilità si è ritenuto opportuno utilizzare le prove penetrometriche dinamiche e l'indagine geofisica già realizzate nella porzione Sud dell'area di piano attuativo (Allegato 1) dove sarà realizzata la "Strada Verde"; le indagini geognostiche e geofisiche sono state fornite dalla Amministrazione Comunale.

Tali indagini hanno consentito di acquisire una specifica conoscenza delle caratteristiche idro-geolitologiche e fisico-meccaniche del sottosuolo esaminato, in modo da poter esprimere un motivato giudizio di fattibilità geologica, idraulica e sismica.

1. Risultati dell'indagine geotecnica e geologica

1.1 Caratteri geomorfologici ed idrogeologici del sito

Dal punto di vista **morfologico** l'area in oggetto è ubicata immediatamente a Nord dell'abitato di Vinci, sui rilievi collinari che si sviluppano tra la valle del T. Streda ad Est e quella del Borro dei Morticini a Ovest. La zona in cui sarà realizzato l'intervento è situata principalmente su un crinale caratterizzato da pendenze variabili sino al 35%, mentre i versanti che delimitano lo stesso crinale presentano un'inclinazione più elevata sino al 100% (Tav.3); la quota del p.c. varia da circa 90 a 120 m s.l.m. (Tav.6).

La morfologia locale è articolata dalla presenza di una serie di terrazzamenti antropici che a partire dal nucleo edilizio "Molino della Doccia" degradano verso il fondovalle, percorso dal Borro del Fontino. Le balze verticali sono protette da opere in muratura in buono stato di conservazione; durante il sopralluogo effettuato, infatti, nella zona dell'intervento ed in un congruo intorno, non sono stati evidenziati fenomeni gravitativi attivi o pregressi (Tav.2). Le indagini eseguite confermano la presenza di scarpate inattive e quiescenti (Tav. 2-4-6).

Dal punto di vista **geologico** l'area in oggetto è inserita all'interno dei depositi fluvio-lacustri riconducibili all'unità delle "Sabbie e conglomerati di S. Ansano" e, nella porzione più settentrionale, ai "Conglomerati di Vinci" e "Conglomerati di Monte Albano" (Tav.1). Le prime, con spessore che può raggiungere una potenza di 100 m, sono costituite da sabbie e sabbie siltose micacee (da addensate a cementate), talora grossolane, prevalenti nella porzione inferiore della formazione, a cui si intercalano lenti di conglomerati clasto-sostenuti, più frequenti nella porzione sommitale.

In corrispondenza delle valli alluvionali dei corsi d'acqua sopra menzionati affiorano, infine, le alluvioni recenti ed attuali dei corsi d'acqua suddetti, depositi durante le loro innumerevoli esondazioni e divagazioni.

Dal punto di vista **idrogeologico** durante l'esecuzione dell'indagine geognostiche non è stato intercettato alcun livello acquifero superficiale sino alle profondità investigate; si ritiene che il livello piezometrico della falda sia abbastanza profondo (>15 m) tale da non interferire con nessuna delle opere in progetto. Nel sottosuolo a maggiori profondità la circolazione idrica risulta molto articolata, legata sia alle numerose eteropie di facies e variazioni di addensamento/cementazione delle unità plio e pleistoceniche, sia al complesso assetto tettonico e stratigrafico del substrato profondo rappresentato dalle unità della Falda Toscana (affioranti poco a monte lungo le pendici del Montalbano).

1.2 Caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica dell'area dell'intervento

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica della zona dell'intervento si è ritenuto opportuno, in questa fase di fattibilità, utilizzare le indagini geognostiche già realizzate nella porzione Sud dell'area di piano attuativo (Allegato 1): tali indagini sono costituite da n.4 prove penetrometriche realizzate mediante penetrometro dinamico leggero (DPM1_4) e n.2 prove penetrometriche realizzate mediante penetrometro dinamico super-pesante (DPSH1_2).

Inoltre si è fatto riferimento a n.1 indagine sismica di tipo *MASW* realizzata nella stessa area sopra indicata (Allegato 1).

Le indagini commissionate dalla Amministrazione Comunale allo scopo di realizzare la Strada Verde sono state eseguite in un'area molto pendente caratterizzata da vecchi riporti e da vecchi muri di sostegno che non mostrano segni di dissesto. Le indagini evidenziano che tutta la zona è costituita da riporti superficiali e terreni agrari/vegetali poco addensati con spessori variabili da 1,00 m a 2,50 m, seguiti dal substrato in posto con ottime caratteristiche meccaniche, spesso preceduto da livelli di alterazione. L'area dei fabbricati risulta altresì caratterizzata da terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie e conglomerati di S. Ansano che ha portato a rifiuto strumentale sia le prove DPM sia le DPSH.

Sulla base delle indagini sopra indicate possiamo affermare che:

- dal punto di vista **stratigrafico** le prove penetrometriche dinamiche condotte lungo i due terrazzamenti più alti hanno individuato un intervallo superficiale costituito da materiale detritico poco addensato (strato A: suolo agrario misto a detrito di falda rimaneggiato), una porzione intermedia marcata da un miglioramento delle caratteristiche meccaniche corrispondente alla porzione alterata dell'unità sottostante (strato B), e un substrato resistente (strato C: intercettato in tutte le prove) costituito da sabbie cementate riconducibili alla formazione delle Sabbie e conglomerati di S. Ansano che ha portato a rifiuto strumentale sia le prove DPM sia le DPSH. La tabella che segue è stata estratta dalla relazione geologica redatta dal Dott. Lotti per conto del Comune di Vinci.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

STRATO	γ_k (g/cm ³)	ϕ_k	C_{uk} (kg/cm ²)	M_{ok} (kg/cm ²)
A	1,85	22°	0,35	40
B	1,95	28°	-	150
C	2,00	36°	-	350

- dal punto di vista **geomeccanico** i depositi intercettati al di sotto del terreno superficiale alterato sono caratterizzati da valori di resistenza idonei agli interventi in progetto;
- dal punto di vista **geotecnico** gli interventi di ristrutturazione/manutenzione, realizzazione di piccole strutture (tettoie e pergolati) ed aree pavimentate nella zona dei fabbricati e rispettivi resede potrà essere eseguita mediante fondazioni superficiali, il cui dimensionamento dovrà essere veri-

ficato da un punto di vista geologico e geotecnico con normali vincoli (Fattibilità 2). Per quanto riguarda gli interventi relativi alla Strada Verde, le indagini sono state eseguite e il dimensionamento e tipo di fondazione (superficiale o profonda) dovrà essere definito in un appropriato studio geologico, geotecnico e strutturale comprendente anche verifiche di stabilità del versante e verifiche di stabilità dei muri di sostegno esistenti, sulla base di indagini ai sensi delle norme vigenti in materia;

- dal punto di vista **idrogeologico** non è stata individuata alcuna falda superficiale sino alle profondità investigate;
- dal punto di vista **sismico** l'indagine geofisica di tipo MASW sopra indicata ha indicato un valore di Vs pari a **379 m/s** per cui la zona in esame rientrerebbe nella **categoria B** dei suoli di fondazione corrispondente a *“rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)”* (Tab.3.2.II delle Norme).

Il territorio comunale di Vinci, inoltre, ai sensi della Del.G.R.T. n.878 del 08/10/2012 sulla **classificazione sismica** del territorio regionale, è inserito nella Zona 3;

- per quanto riguarda le **condizioni topografiche** la categoria è **“T3”** corrispondente a *“rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ”* (Tab.3.2.IV delle Norme).

2. Pericolosità geologica, idraulica e sismica locale ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/11

Sulla base delle indagini geognostiche di cui al paragrafo precedente ed in ottemperanza al D.P.G.R. n.53/R/11 in materia di indagini geologiche, dal punto di vista geologico e geomorfologico è possibile attribuire all'area dell'intervento della strada verde la classe di pericolosità geologica elevata G.3, data la presenza di terreni potenzialmente instabili per litologia e per la pendenza dei versanti con scarpate quiescenti, confermando quanto riportato nella cartografia del P.S. comunale (Tav.8).

Dal punto di vista idraulico è possibile attribuire all'area la classe di pericolosità idraulica bassa I.1 (Tav.8) poiché non interessata da inondazioni e situata in posizione di alto morfologico, confermando quanto riportato nella cartografia del P.S. comunale.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica, vista la collocazione in area stabile suscettibile di amplificazioni locali, ma non caratterizzata da un alto contrasto di impedenza sismica attesa tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, è possibile inserire la zona dell'intervento in classe di pericolosità sismica locale media S.2 (Tav.8), confermando quanto riportato nella cartografia del P.S. comunale.

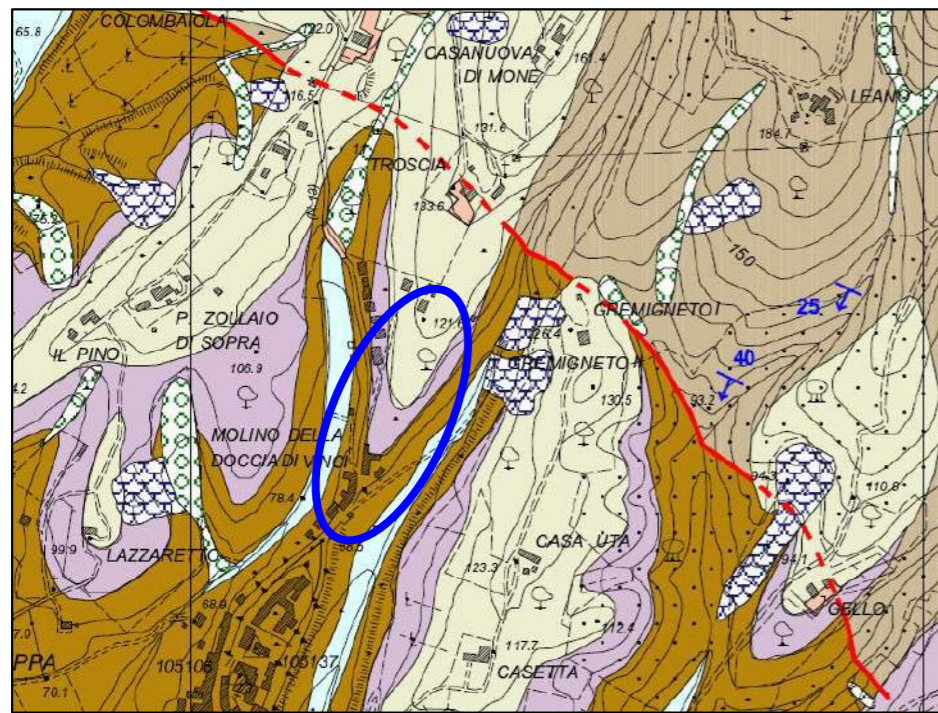
3. Fattibilità dell'intervento ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/11

Considerate le classi di pericolosità dell'area indicate al paragrafo precedente ed il tipo di intervento, ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/11, si attribuiscono all'intervento le seguenti classi di fattibilità (Tav.8):

- ✓ dal punto di vista geologico Fattibilità F2 con normali vincoli da precisare a livello di progetto, in quanto sono già state eseguite le indagini geognostiche. In sede di presentazione dei singoli progetti edilizi, comunque, sarà necessario allegare uno studio geologico e geotecnico in ottemperanza del D.M. 14/01/08, e successiva circolare n.617 del 02/02/2009 con verifiche di stabilità globali, corredato di indagini geognostiche ai sensi del D.P.G.R. n.36/R;
- ✓ dal punto di vista sismico Fattibilità F2 con normali vincoli da precisare a livello di progetto. In sede di presentazione del progetto edilizio, sarà necessario allegare uno studio geofisico in ottemperanza del D.M. 14/01/08, e successiva circolare n.617 del 02/02/2009, corredato di indagini geofisiche ai sensi del D.P.G.R. n.36/R;
- ✓ dal punto di vista idraulico Fattibilità F1 senza particolari limitazioni.

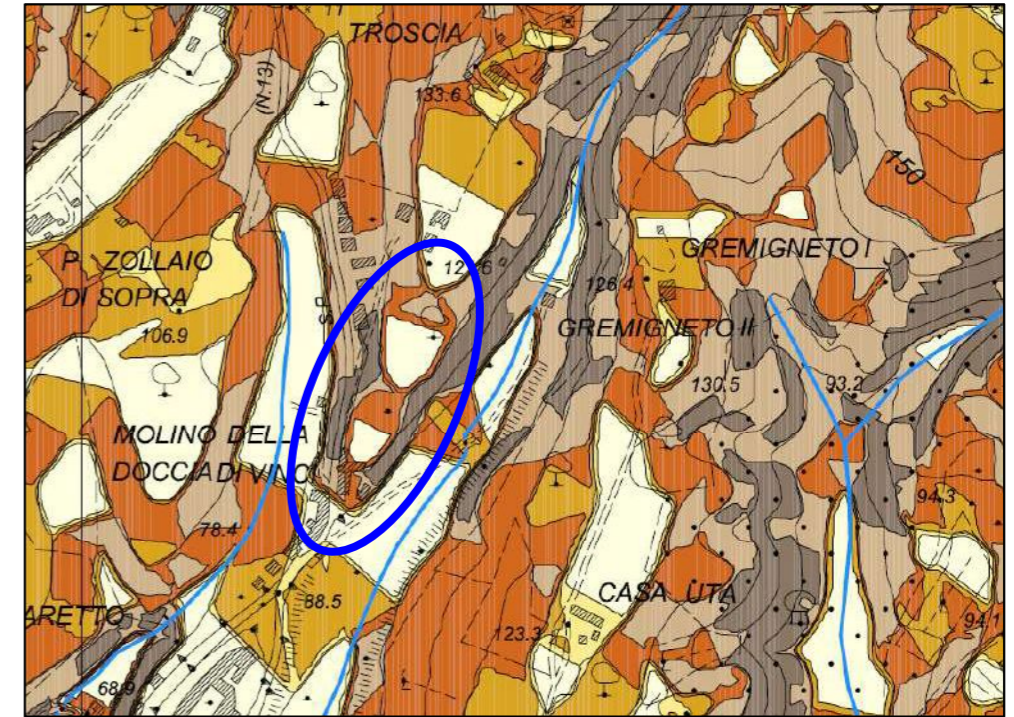
Empoli, 21/12/2017

Geol. Luca Peruzzi

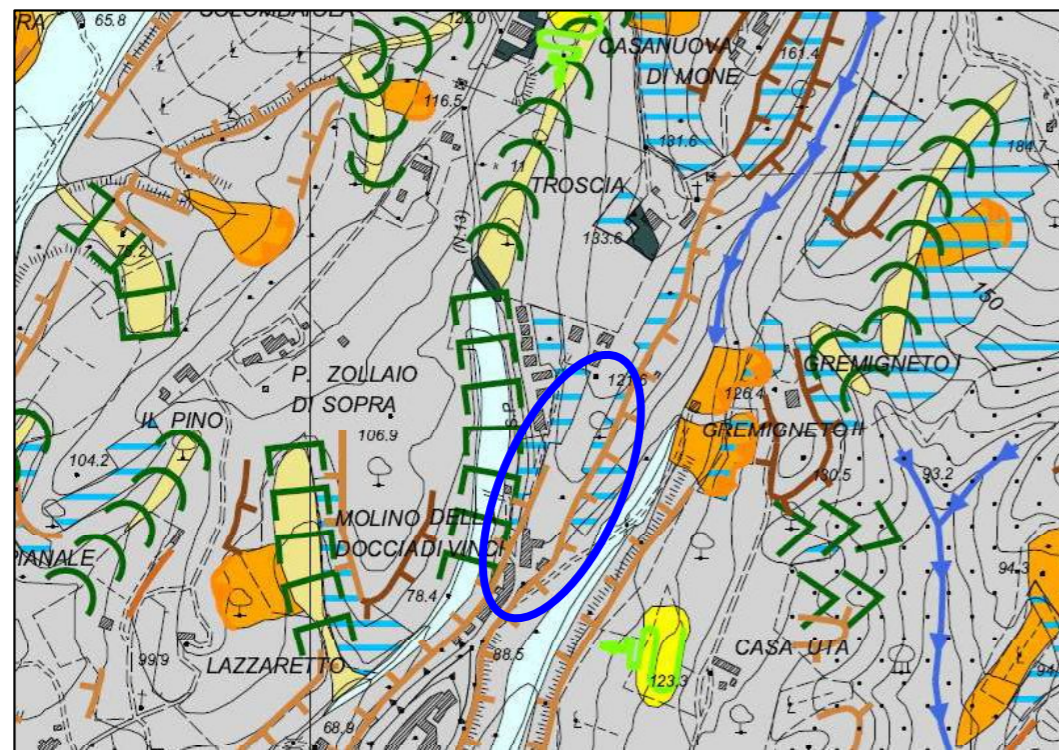


TAV.1
Carta geologica
Estratto P.S. Comune di Vinci

- Depositi Quaternari**
- Alluvioni recenti (indifferenziate)
 - Alluvioni recenti (sabbie e limi) (Olocene)
 - Alluvioni terrazzate (?Pleistocene medio/sup.-Olocene)
 - Depositi colluviali (Olocene)
 - Corpo di frana attiva (Olocene)
 - Detrito di versante (Olocene)
- Depositi marino-transizionali**
- Argille di Toiano (Pliocene medio)
- Depositi marini del bacino dell'Elsa-Pesa-Cerreto Guidi**
- Argille e sabbie di Cerreto Guidi (argille e argille siltose sabbiose) (Pliocene inf.-medio)
 - Argille e sabbie di Cerreto Guidi (intercalazioni di sabbia, sabbia argillosa e ciottoli) (Pliocene inf.-medio)
- Falda Toscana**
- Macigno (Oligocene sup. - Miocene inf.)
- Depositi fluvio-lacustri dei bacini di Lucca-Montecatone-Vinci-Firenze-Prato-Pistoia**
- Argille e sabbie di Marignone Mastromarco (Ruscignano sup.-Villafranchiano medio/sup.?)
 - Sabbie e conglomerati di S'Ansono (Pliocene inf.-medio)
 - Conglomerati di Vinci (Villafranchiano medio)
 - Ghiaie di Monte Albano (?Pleistocene medio-sup.)
- Interventi antropici**
- Sbarramento artificiale
 - Rilevato stradale




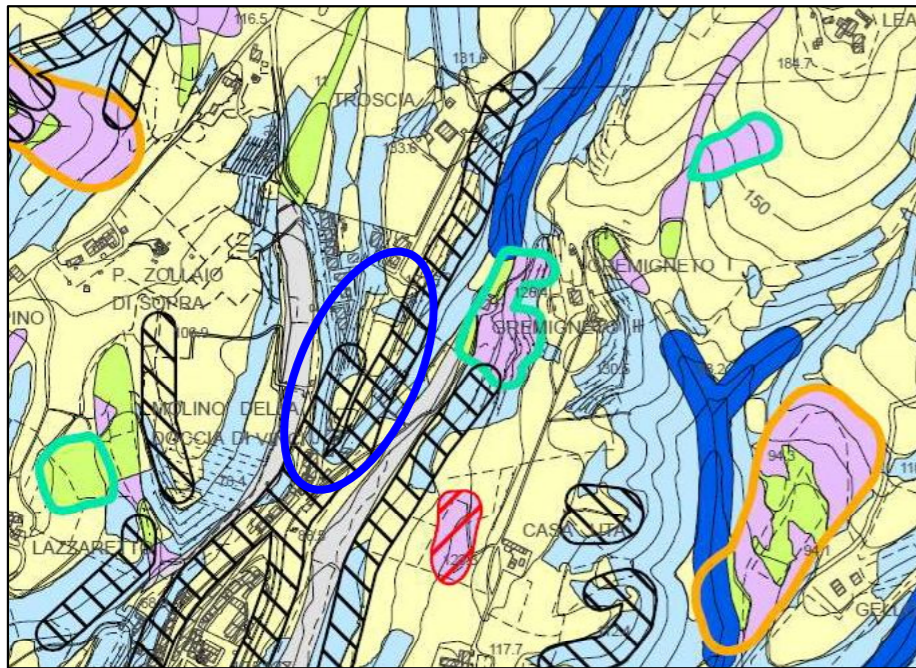
TAV.3
Carta delle acclività
Estratto P.S. Comune di Vinci



TAV.2
Carta geomorfologica
Estratto P.S. Comune di Vinci

- Dinamiche fluviali**
- Forme di erosione**
- Alveo in approfondimento
 - Vallecola con profilo a V
 - Vallecola a conca
 - Vallecola con fondo piatto
 - Erosione per dilavamento naturale
 - Orlo di terrazzo di origine fluviale inattivo
- Forme di accumulo**
- Deposito di esondazione terrazzato
 - Deposito di esondazione recente
 - Alveo fluviale
 - Alveo abbandonato
- Dinamiche sui versanti**
- Forme di denudazione**
- Orlo di distacco attivo
 - Orlo di distacco inattivo
 - Orlo di distacco quiescente
 - Scarpata attiva interessata da cadute di detrito
 - Scarpata inattiva con bordo netto
 - Scarpata inattiva con bordo arrotondato
 - Area soggetta a soliflusso
- Forme di accumulo**
- Fenomeno gravitativo attivo
 - Fenomeno gravitativo inattivo
 - Fenomeno gravitativo quiescente
 - Accumulo di frana attiva
 - Accumulo di frana inattiva
 - Accumulo di frana quiescente
 - Accumulo di frana stabilizzata artificialmente
 - Detrito di versante
 - Deposito colluviale
- Dinamiche antropiche**
- Forme e manufatti antropici**
- Stabilizzazione di versante
 - Difesa di sponda
 - Opera trasversale
 - Orlo di scarpata artificiale inattivo
 - Diga in terra
 - Tracciato stradale in rilevato
 - Materiale di riporto
 - Area in trasformazione
 - Terrazzamenti
 - Cava in via di recupero
 - Discarica

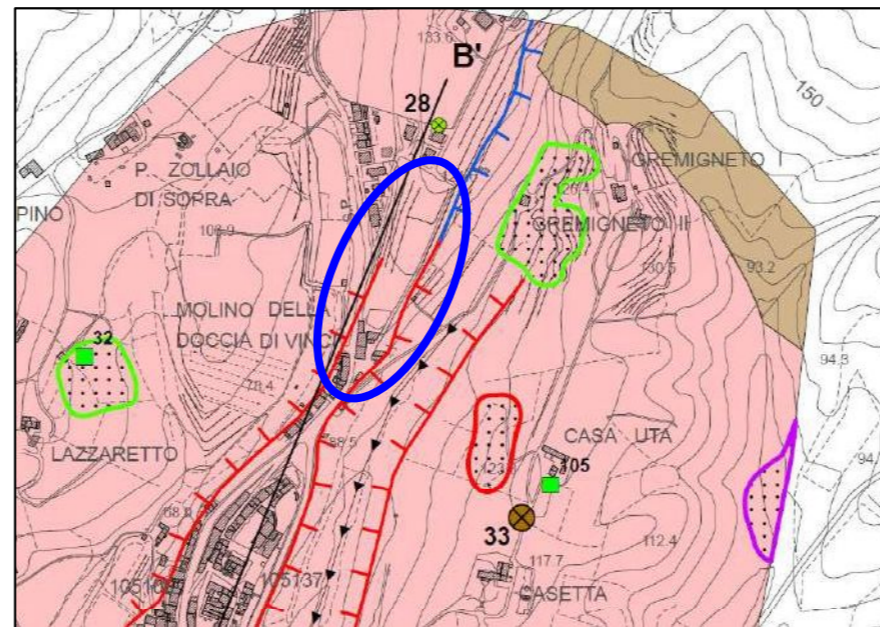
 zona dell'intervento



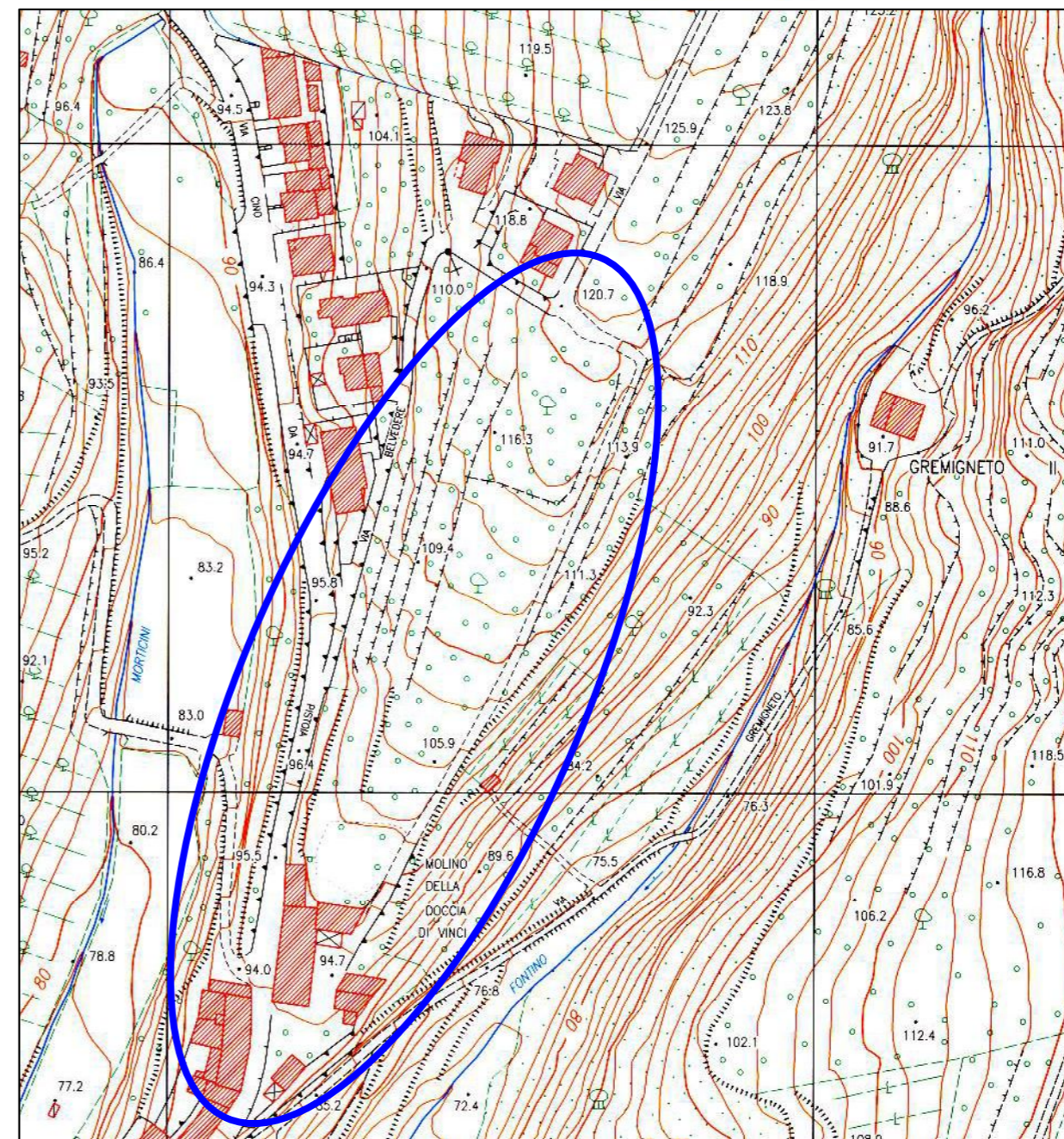
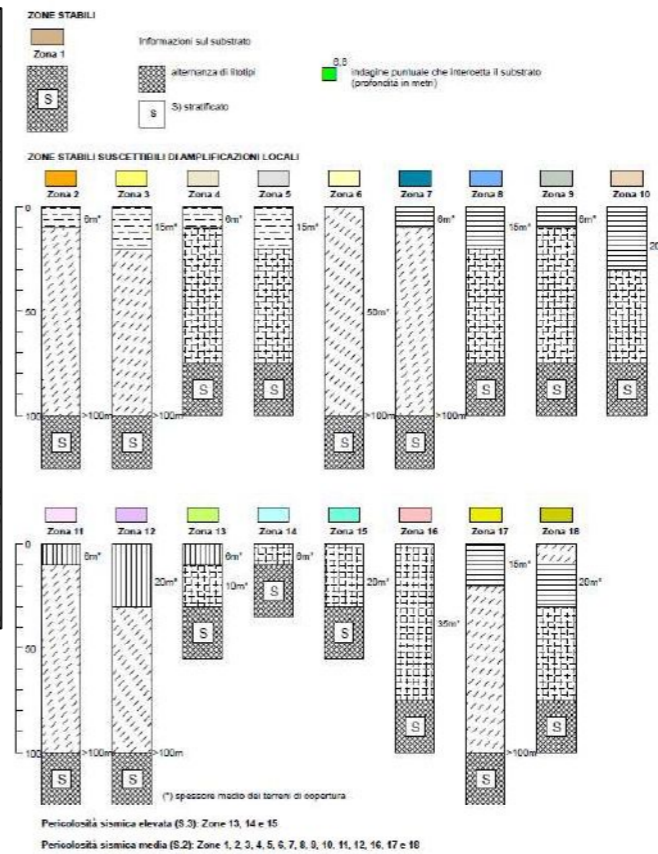
TAV.4

Carta della pericolosità geologica
Estratto Variante P.S. Comune di Vinci

- G4 - PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA**
 - frana attiva
 - area soggetta a soliflusso
 - franosità diffusa attiva per scivolamento e colamento
 - G3 - PERICOLOSITA' ELEVATA**
 - frana di scivolamento quiescente
 - versante con giacitura a franapoggio meno inclinata del pendio
 - erosione delle acque incanalate (alveo in approfondimento nei tratti collinari)
 - alveo in erosione moderata (nei tratti di pianura)
 - area interessata da rilevanti manomissioni antropiche (cave, rilevati, scavi, ecc.)
 - corpo d'acqua e relativo paramento di valle
 - area di scarpata quiescente
 - corpo detritico su versante con pendenza superiore al 25%
 - area di potenziale instabilità dovuta alla litologia ed alla pendenza del versante:
 - terreni argillosi e limosi a prevalente matrice argillosa disposti su versanti con pendenza >15%
 - terreni sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, a prevalente matrice sabbiosa disposti su versanti con pendenza >25%
 - terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati disposti su versanti con pendenza >35%
 - terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità disposti su versanti con pendenza >50%
 - G2 - PERICOLOSITA' MEDIA**
 - frana non attiva
 - corpo detritico su versante con pendenza inferiore al 25%
 - aree di fondovalle in cui non sussistono le condizioni per il verificarsi di movimenti gravitativi
 - area con bassa propensione al dissesto dovuta alla litologia ed alla pendenza del versante:
 - terreni argillosi e limosi a prevalente matrice argillosa disposti su versanti con pendenza <15%
 - terreni sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, a prevalente matrice sabbiosa disposti su versanti con pendenza <25%
 - terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati disposti su versanti con pendenza <35%
 - terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità disposti su versanti con pendenza <50%
- Zona intervento



TAV.5
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica e delle frequenze fondamentali
Pericolosità sismica locale
Estratto Variante P.S. Comune di Vinci



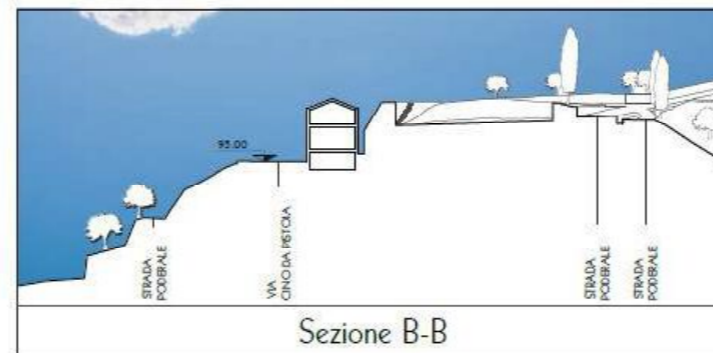
TAV.6
Carta d'inquadramento topografico e morfologico
Scala 1:2.000



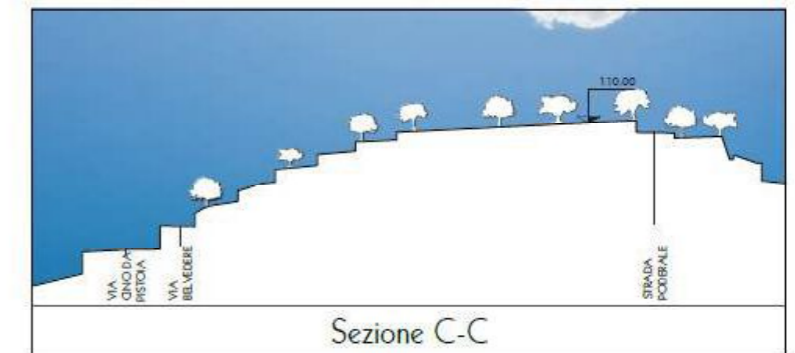
TAV.7
 Planimetria generale dell'intervento e sezione tipo



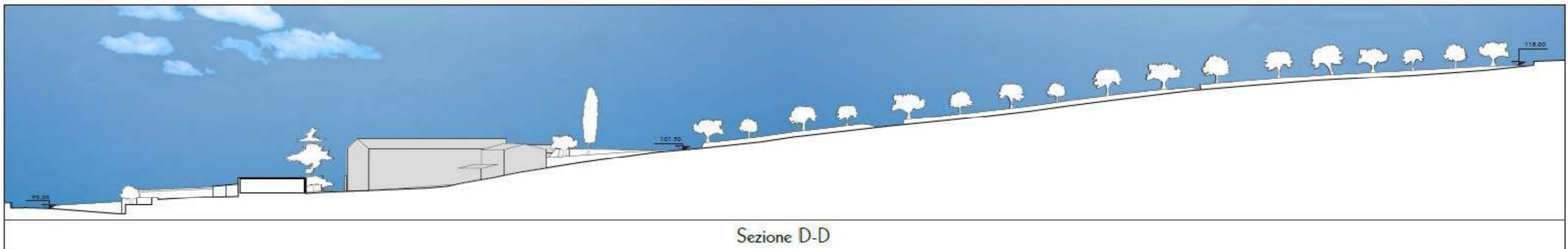
Sezione A-A



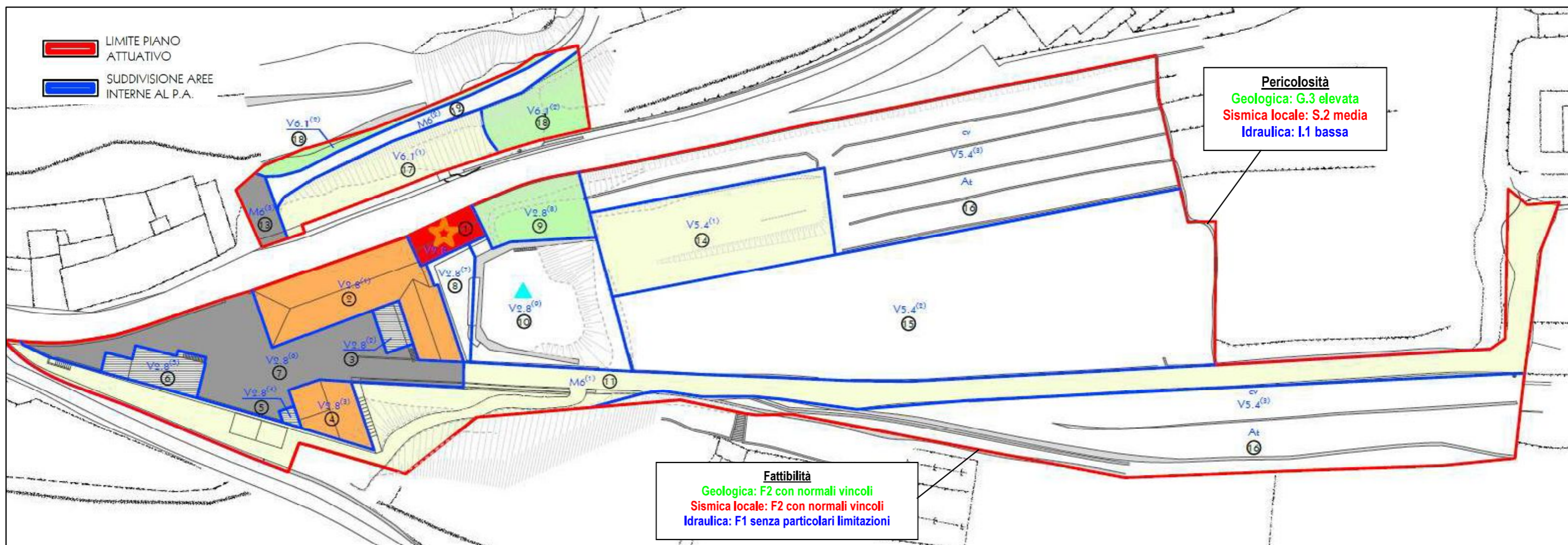
Sezione B-B



Sezione C-C



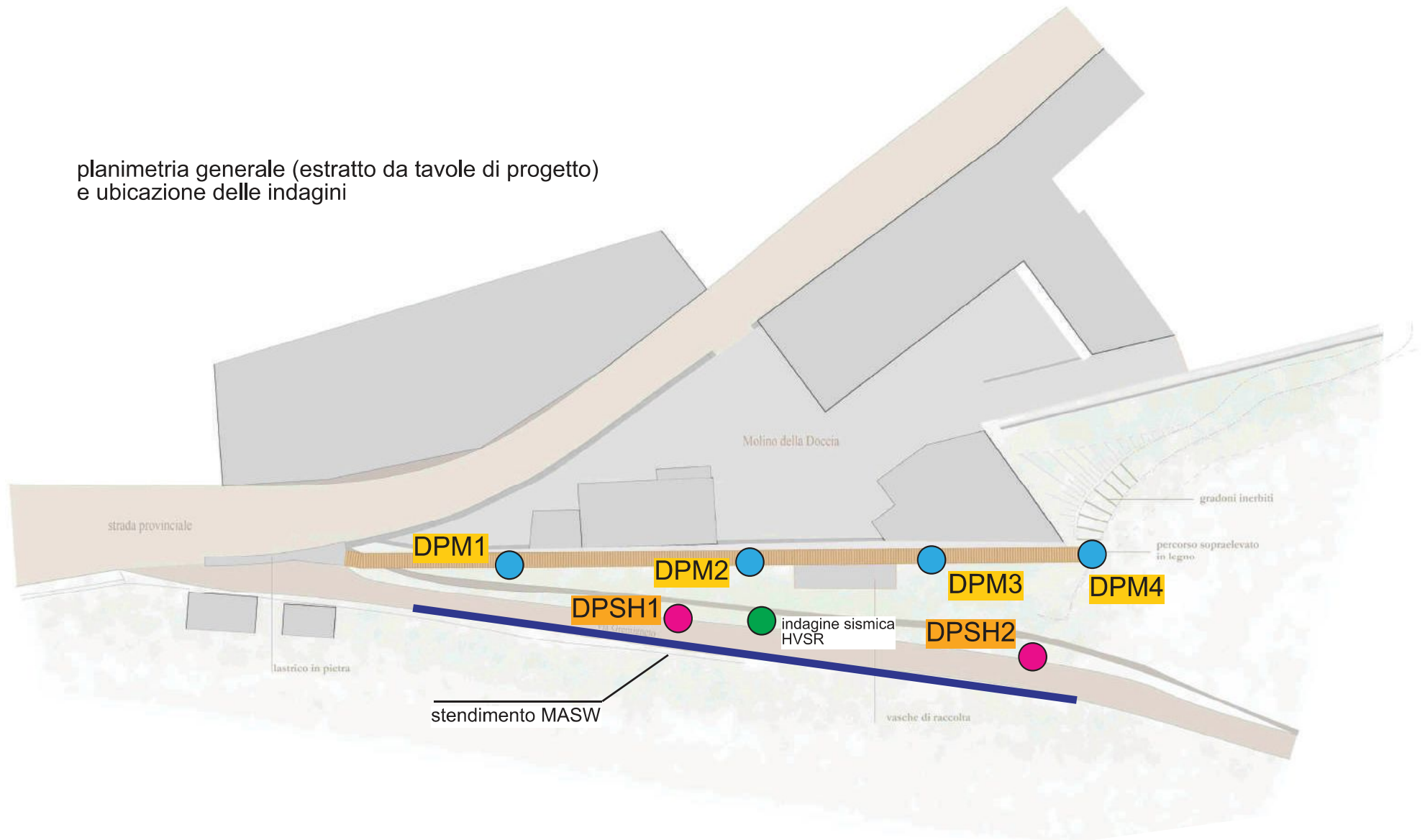
Sezione D-D



TAV.8
 Carta della pericolosità geologica, sismica locale ed idraulica e della fattibilità ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011

ALLEGATO 1
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

planimetria generale (estratto da tavole di progetto)
e ubicazione delle indagini



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo
Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Riferimento: 05 dpm 16-1

Committente:	Comune di Vinci	Data:	15/11/16
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova:	120 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO

MODELLO	PENNI 30
TIPO	DPM (MEDIO)
PESO MASSA BATTENTE	M= 30 Kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H= 20 cm
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp= 12 Kg
PESO ASTE PER METRO	P=2,9 Kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D= 35,70 mm
AREA DI BASE PUNTA CONICA	A= 10,00 cmq
ANGOLO APERTURA PUNTA	α = 60°
LUNGHEZZA ASTE	L= 1,00 m
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	δ = 10 cm

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rdp (Formula olandese)

$$R_{dp} = M^2 H/A e(M+P+Pp) \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

M= Peso massa battente [Kg]

A= Area di base punta conica [cmq]

P= peso aste per metro [Kg/m]

H= Altezza caduta libera [cm]

e= Infissione per colpo = 10/N [cm]

Pp= Peso del sistema di battuta [Kg]



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 05 dpm 16-1

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	120 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

Prof.(cm)	N	Rpd	Nspt	aste	Prof.	N	Rpd	Nspt	aste
da 0 a 10	-	-	-	1	da 60 a 70	34	136,30	26	1
da 10 a 20	-	-	-	1	da 70 a 80	14	56,12	11	1
da 20 a 30	-	-	-	1	da 80 a 90	30	120,27	23	1
da 30 a 40	1	4,01	1	1	da 90 a 100	36	144,32	27	1
da 40 a 50	1	4,01	1	1	da 100 a 110	58	218,41	44	2
da 50 a 60	5	20,04	4	1	da 110 a 120	100	376,57	76	2

LEGENDA:

Prof. = profondità in centimetri, N = numero di colpi per 10 cm, Rpd = resistenza dinamica [Kg/cmq], Nspt = equivalente "standard penetration test"

PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

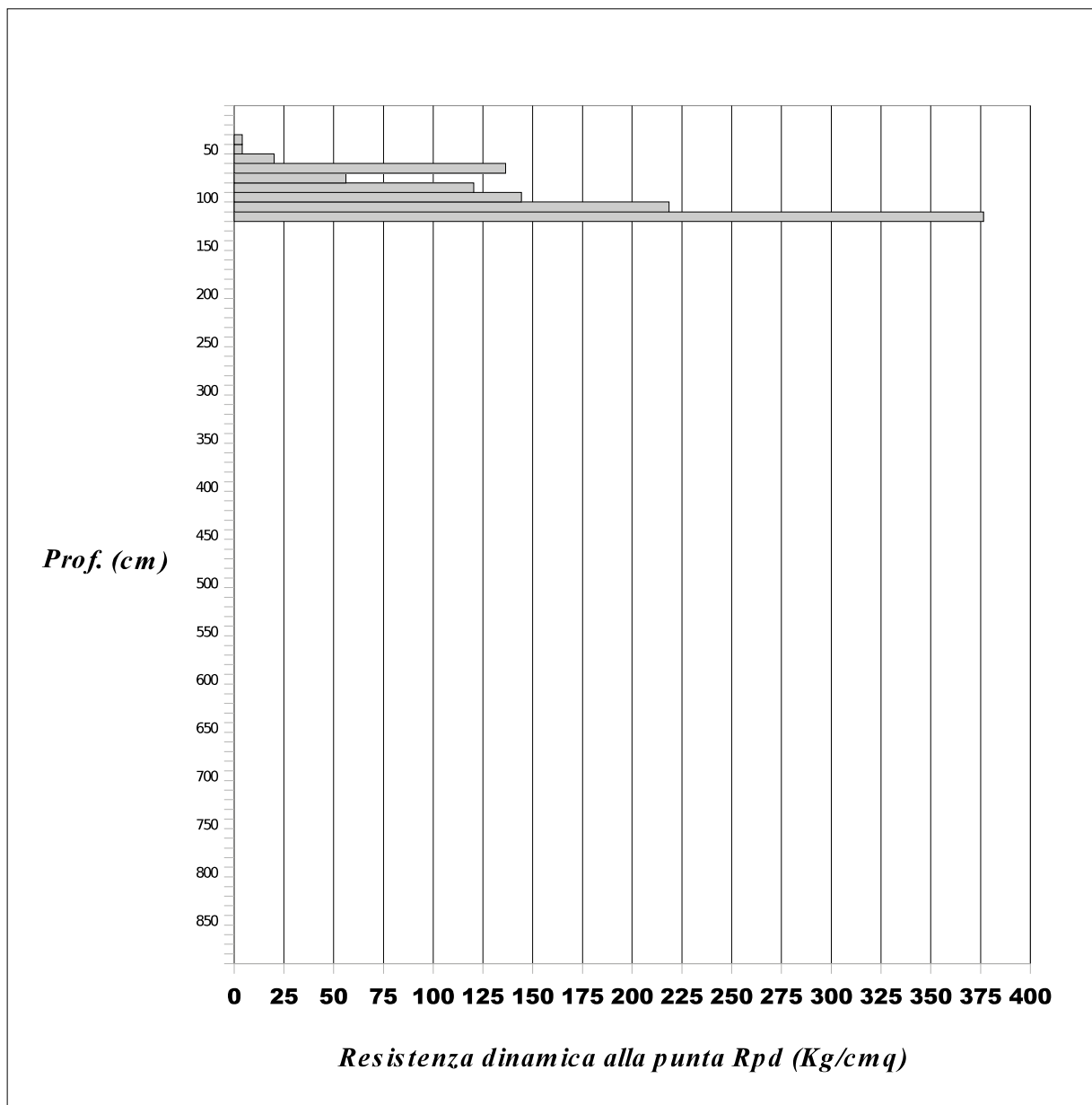
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Grafico Rpd - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-1

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	120 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

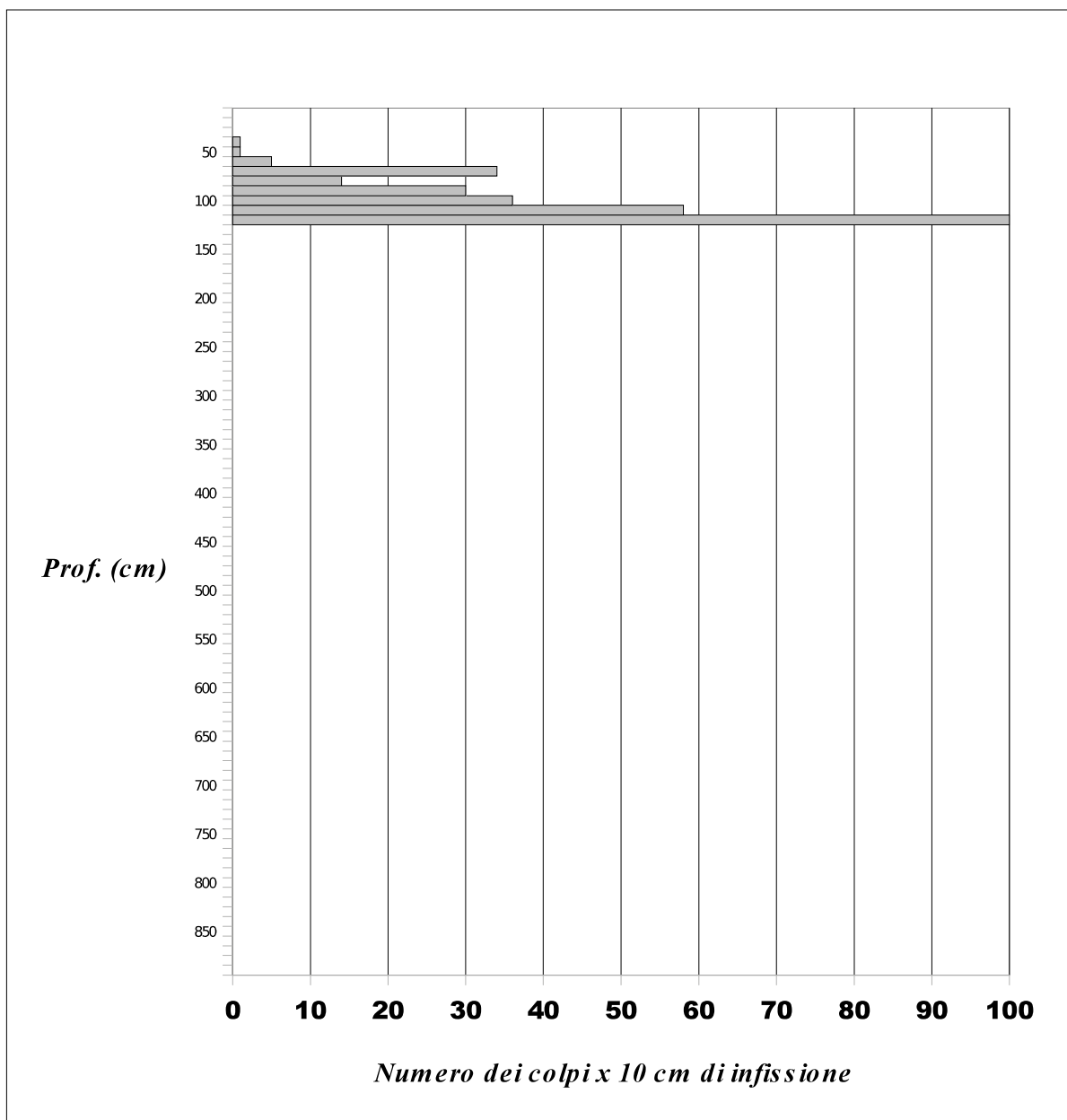
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-1

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	120 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo
Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Riferimento: 05 dpm 16-2

Committente:	Comune di Vinci	Data:	15/11/16
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova:	210 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO

MODELLO	PENNI 30
TIPO	DPM (MEDIO)
PESO MASSA BATTENTE	M= 30 Kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H= 20 cm
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp= 12 Kg
PESO ASTE PER METRO	P=2,9 Kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D= 35,70 mm
AREA DI BASE PUNTA CONICA	A= 10,00 cmq
ANGOLO APERTURA PUNTA	α = 60°
LUNGHEZZA ASTE	L= 1,00 m
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	δ = 10 cm

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rdp (Formula olandese)

$$Rdp = M^2 H/A e(M+P+Pp) \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

M= Peso massa battente [Kg]

A= Area di base punta conica [cmq]

P= peso aste per metro [Kg/m]

H= Altezza caduta libera [cm]

e= Infissione per colpo = 10/N [cm]

Pp= Peso del sistema di battuta [Kg]



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapiec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 05 dpm 16-2

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	210 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

Prof.(cm)	N	Rpd	Nspt	aste	Prof.	N	Rpd	Nspt	aste
da 0 a 10	-	-	-	1	da 110 a 120	4	15,06	3	2
da 10 a 20	-	-	-	1	da 120 a 130	12	45,19	9	2
da 20 a 30	-	-	-	1	da 130 a 140	10	37,66	8	2
da 30 a 40	-	-	-	1	da 140 a 150	11	41,42	8	2
da 40 a 50	-	-	-	1	da 150 a 160	15	56,49	11	2
da 50 a 60	1	4,01	1	1	da 160 a 170	16	60,25	12	2
da 60 a 70	4	16,04	3	1	da 170 a 180	25	94,14	19	2
da 70 a 80	6	24,05	5	1	da 180 a 190	31	116,74	23	2
da 80 a 90	8	32,07	6	1	da 190 a 200	37	139,33	28	2
da 90 a 100	6	24,05	5	1	da 200 a 210	100	355,03	76	3
da 100 a 110	5	18,83	4	2					

LEGENDA:

Prof. = profondità in centimetri, N = numero di colpi per 10 cm, Rpd = resistenza dinamica [Kg/cmq], Nspt = equivalente "standard penetration test"

PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

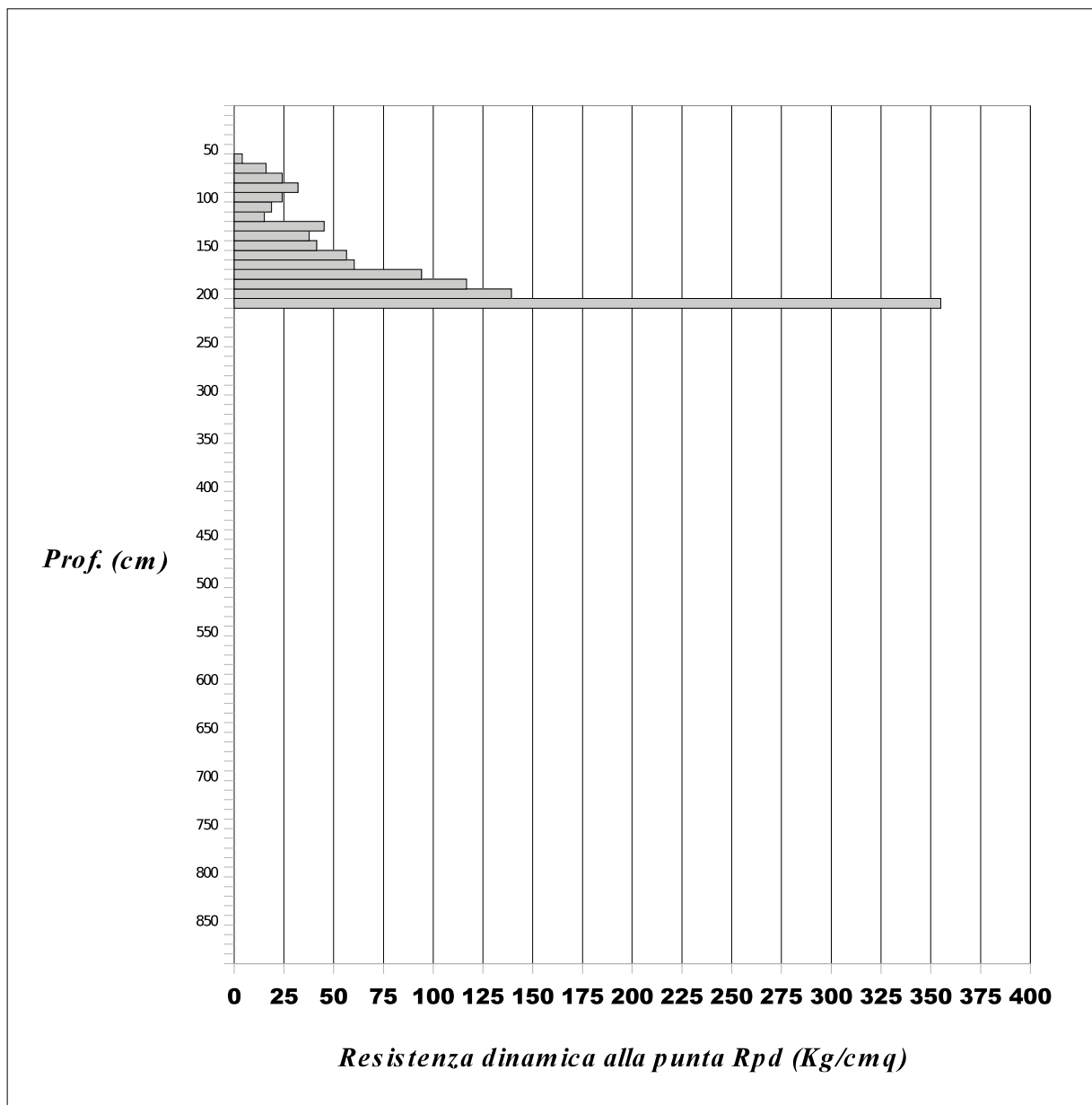
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Grafico Rpd - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-2

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	210 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapcc.it

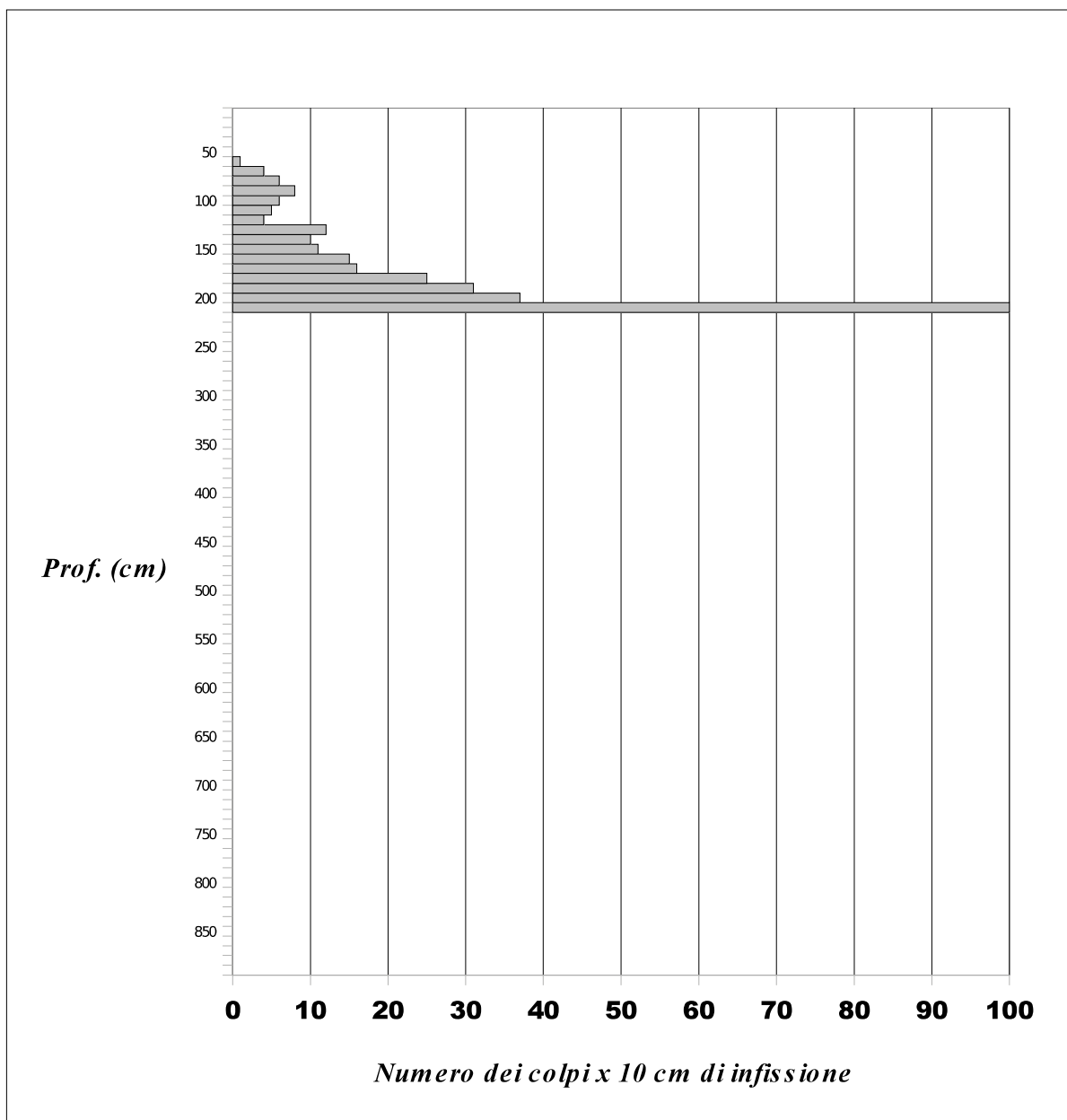
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-2

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	210 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	refiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo
Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

Riferimento: 05 dpm 16-3

Committente:	Comune di Vinci	Data:	15/11/16
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova:	190 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO

MODELLO	PENNI 30
TIPO	DPM (MEDIO)
PESO MASSA BATTENTE	M= 30 Kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H= 20 cm
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp= 12 Kg
PESO ASTE PER METRO	P=2,9 Kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D= 35,70 mm
AREA DI BASE PUNTA CONICA	A= 10,00 cmq
ANGOLO APERTURA PUNTA	α = 60°
LUNGHEZZA ASTE	L= 1,00 m
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	δ = 10 cm

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rdp (Formula olandese)

$$R_{dp} = M^2 H/A e(M+P+Pp) \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

M= Peso massa battente [Kg]

A= Area di base punta conica [cmq]

P= peso aste per metro [Kg/m]

H= Altezza caduta libera [cm]

e= Infissione per colpo = 10/N [cm]

Pp= Peso del sistema di battuta [Kg]



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 05 dpm 16-3

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	190 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

Prof.(cm)	N	Rpd	Nspt	aste	Prof.	N	Rpd	Nspt	aste
da 0 a 10	-	-	-	1	da 100 a 110	7	26,36	5	2
da 10 a 20	-	-	-	1	da 110 a 120	8	30,13	6	2
da 20 a 30	-	-	-	1	da 120 a 130	7	26,36	5	2
da 30 a 40	1	4,01	1	1	da 130 a 140	13	48,95	10	2
da 40 a 50	-	-	-	1	da 140 a 150	15	56,49	11	2
da 50 a 60	1	4,01	1	1	da 150 a 160	17	64,02	13	2
da 60 a 70	1	4,01	1	1	da 160 a 170	18	67,78	14	2
da 70 a 80	4	16,04	3	1	da 170 a 180	30	112,97	23	2
da 80 a 90	9	36,08	7	1	da 180 a 190	100	376,57	76	2
da 90 a 100	9	36,08	7	1					

LEGENDA:

Prof. = profondità in centimetri, N = numero di colpi per 10 cm, Rpd = resistenza dinamica [Kg/cmq], Nspt = equivalente "standard penetration test"

PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Gian Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetrationsnc@lamiapiec.it

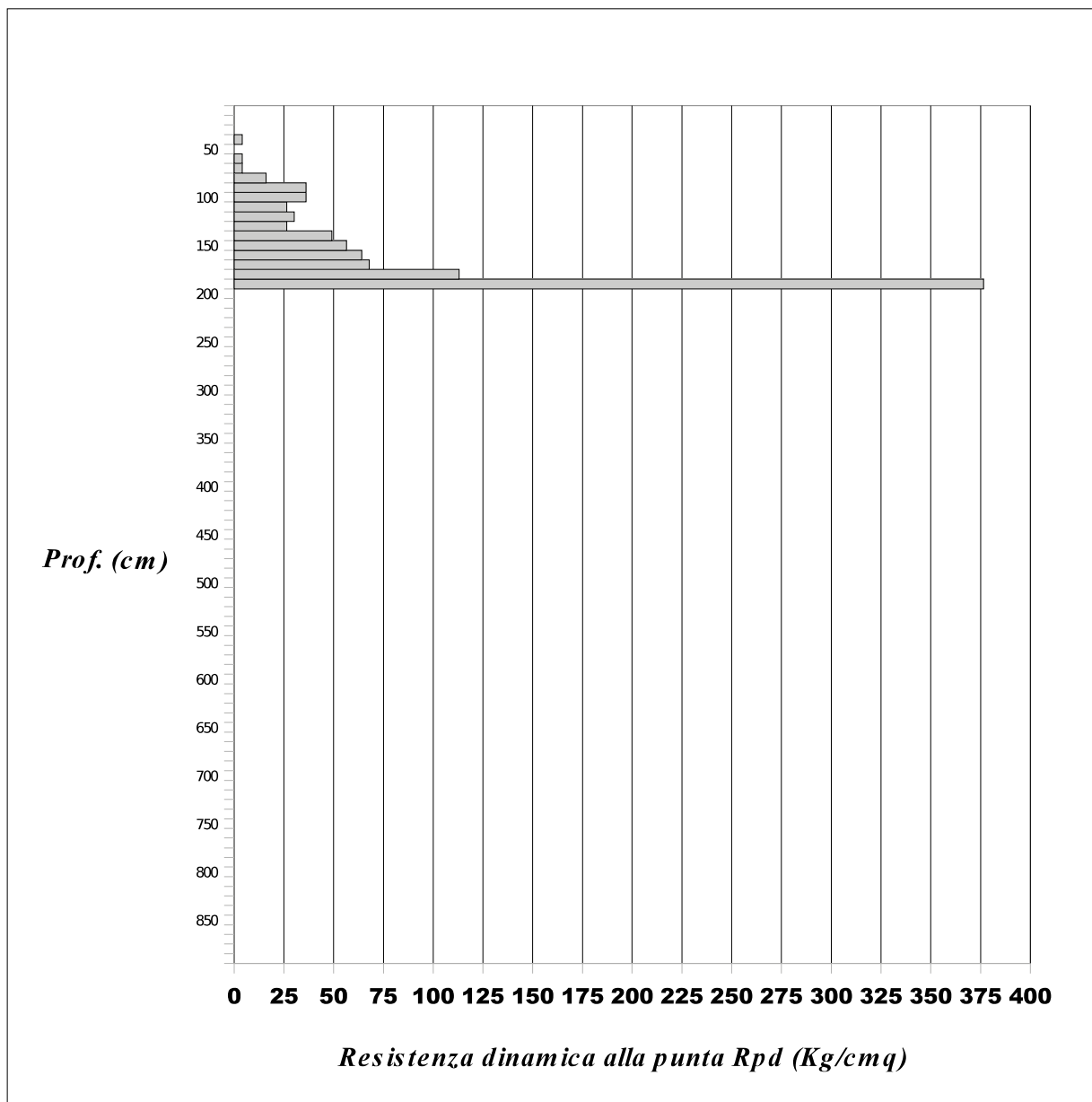
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

Grafico Rpd - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-3

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	190 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

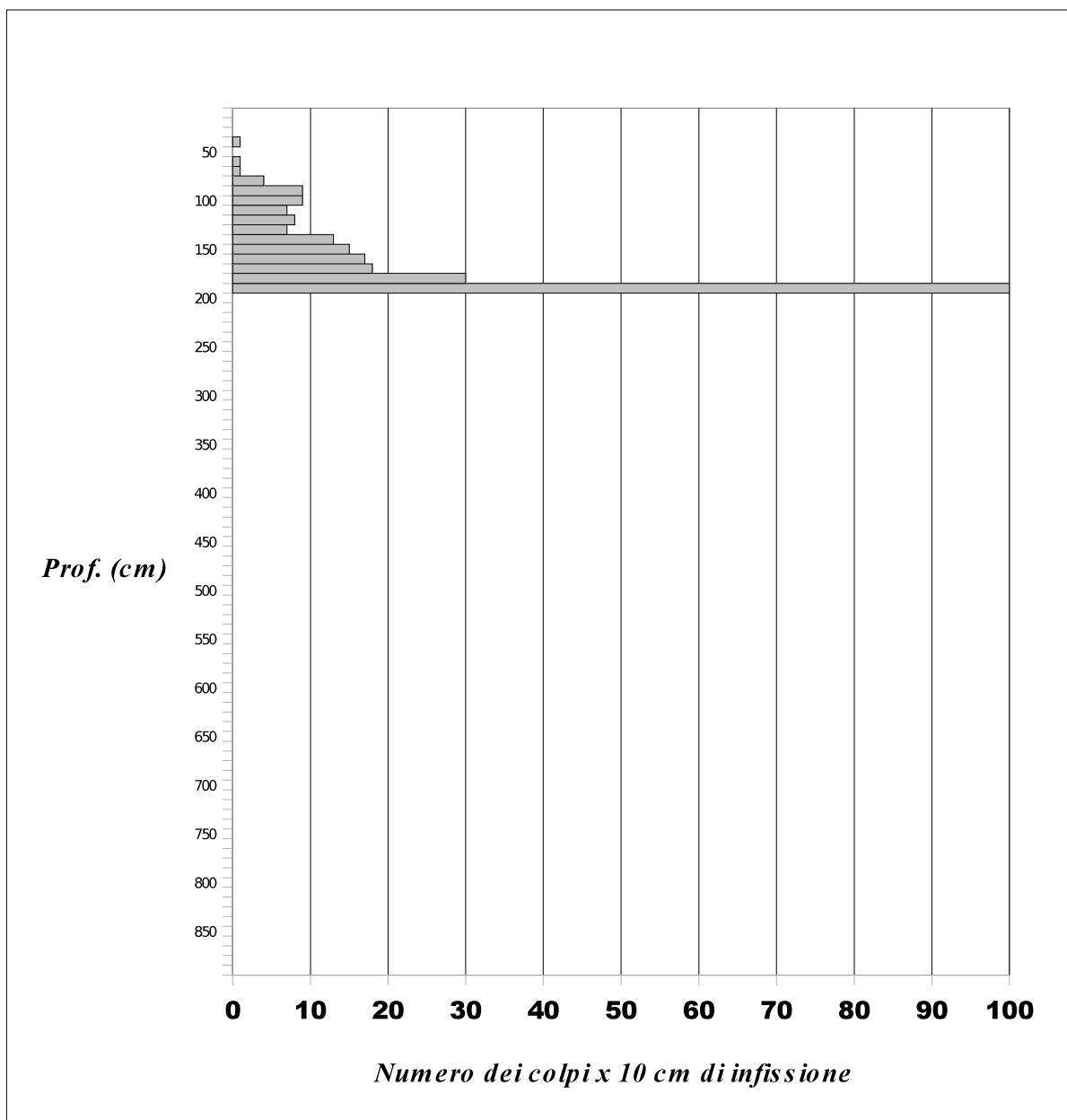
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-3

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	190 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	refiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo
Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

Riferimento: 05 dpm 16-4

Committente:	Comune di Vinci	Data:	15/11/16
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova:	300 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO

MODELLO	PENNI 30
TIPO	DPM (MEDIO)
PESO MASSA BATTENTE	M= 30 Kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H= 20 cm
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp= 12 Kg
PESO ASTE PER METRO	P=2,9 Kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D= 35,70 mm
AREA DI BASE PUNTA CONICA	A= 10,00 cmq
ANGOLO APERTURA PUNTA	α = 60°
LUNGHEZZA ASTE	L= 1,00 m
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	δ = 10 cm

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rdp (Formula olandese)

$$R_{dp} = M^2 H/A e(M+P+Pp) \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

M= Peso massa battente [Kg]

A= Area di base punta conica [cmq]

P= peso aste per metro [Kg/m]

H= Altezza caduta libera [cm]

e= Infissione per colpo = 10/N [cm]

Pp= Peso del sistema di battuta [Kg]



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 05 dpm 16-4

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	300 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)

Prof.(cm)	N	Rpd	Nspt	aste	Prof.	N	Rpd	Nspt	aste
da 0 a 10	-	-	-	1	da 150 a 160	2	7,53	2	2
da 10 a 20	1	4,01	1	1	da 160 a 170	2	7,53	2	2
da 20 a 30	-	-	-	1	da 170 a 180	3	11,30	2	2
da 30 a 40	-	-	-	1	da 180 a 190	4	15,06	3	2
da 40 a 50	1	4,01	1	1	da 190 a 200	5	18,83	4	2
da 50 a 60	1	4,01	1	1	da 200 a 210	4	14,20	3	3
da 60 a 70	1	4,01	1	1	da 210 a 220	1	3,55	1	3
da 70 a 80	4	16,04	3	1	da 220 a 230	2	7,10	2	3
da 80 a 90	2	8,02	2	1	da 230 a 240	1	3,55	1	3
da 90 a 100	1	4,01	1	1	da 240 a 250	1	3,55	1	3
da 100 a 110	1	3,77	1	2	da 250 a 260	3	10,65	2	3
da 110 a 120	2	7,53	2	2	da 260 a 270	19	67,46	14	3
da 120 a 130	1	3,77	1	2	da 270 a 280	20	71,01	15	3
da 130 a 140	5	18,83	4	2	da 280 a 290	46	163,31	35	3
da 140 a 150	2	7,53	2	2	da 290 a 300	100	355,03	76	3

LEGENDA:

Prof. = profondità in centimetri, N = numero di colpi per 10 cm, Rpd = resistenza dinamica [Kg/cmq], Nspt = equivalente "standard penetration test"

PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

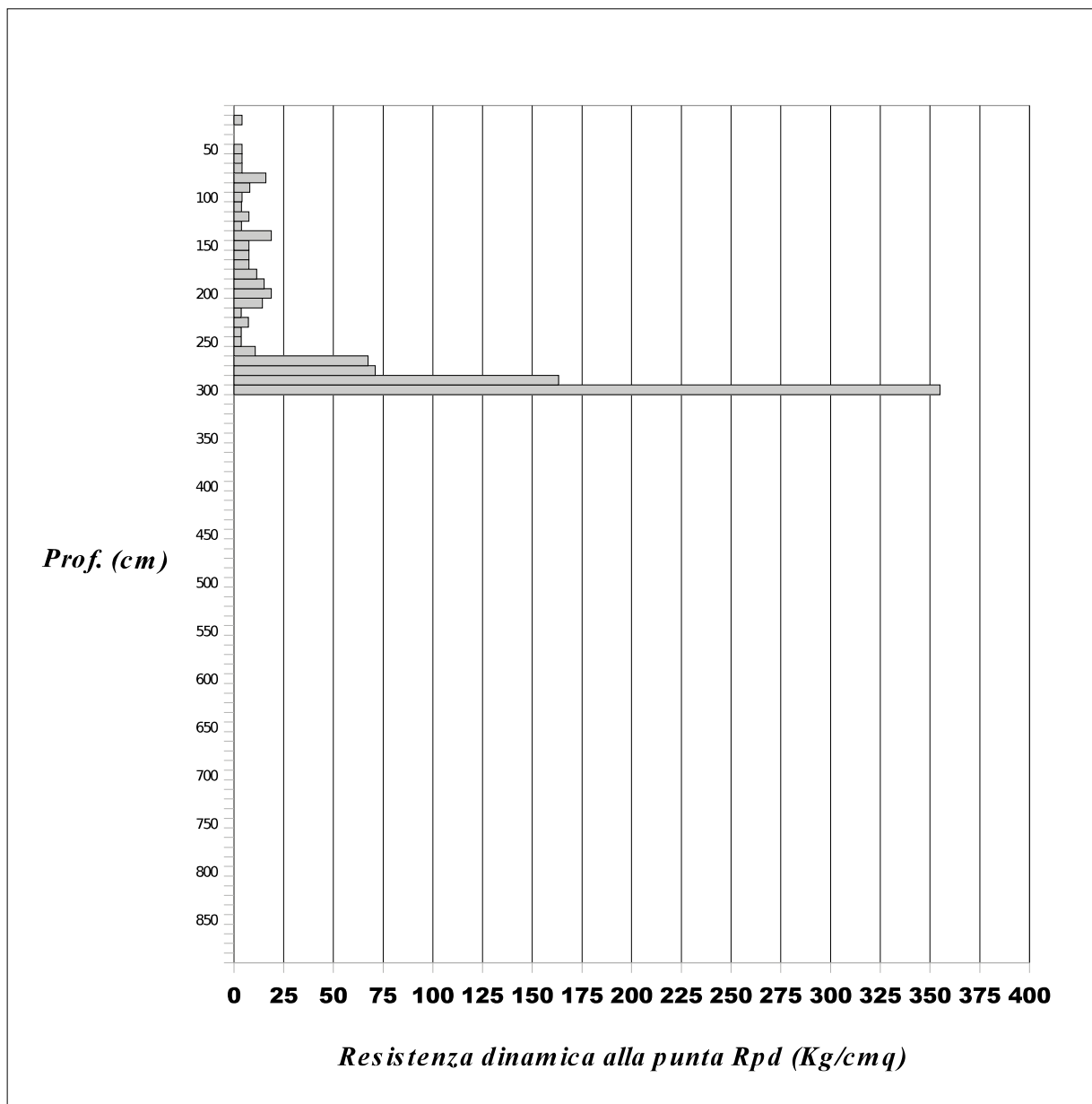
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

Grafico Rpd - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-4

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	300 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	refiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

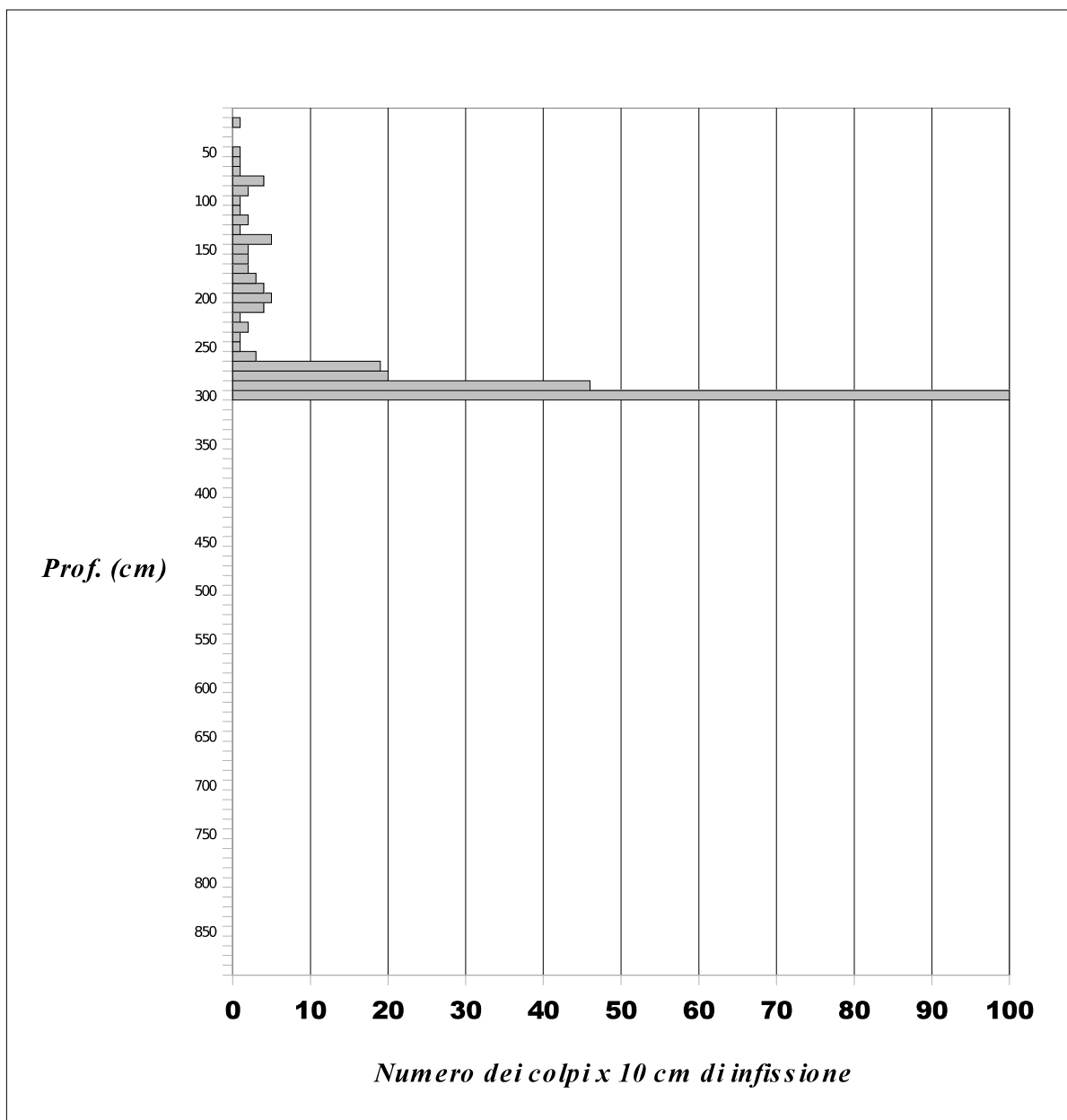
C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 05 dpm 16-4

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	Ingresso "Strada Verde"	Prof.tà Prova	300 cm
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (N colpi = 100)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Gian Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

Tel. 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1

Riferimento: 19 dpsh1 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data:	15/11/16
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova:	0,8 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (n. colpi > 50)

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE M = 63,50 kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA H = 0,75 m

DIAMETRO PUNTA CONICA D = 51,00 mm

AREA BASE PUNTA CONICA A = 20 cm²

ANGOLO APERTURA PUNTA $\alpha = 90^\circ$

LUNGHEZZA DELLE ASTE La = 1,00 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

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

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 19 dpsh1 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova	0,8 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	 rifiuto (n. colpi > 50)

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	8	86,64	-	1	da 0,80 a 1,00	24	259,92	-	1
da 0,20 a 0,40	21	227,43	-	1	da 1,00 a 1,20	20	198,65	-	2
da 0,40 a 0,60	34	368,22	-	1	da 1,20 a 1,40	39	387,36	-	2
da 0,60 a 80	21	227,43	-	1	da 1,40 a 1,60	50	496,62	-	2

PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

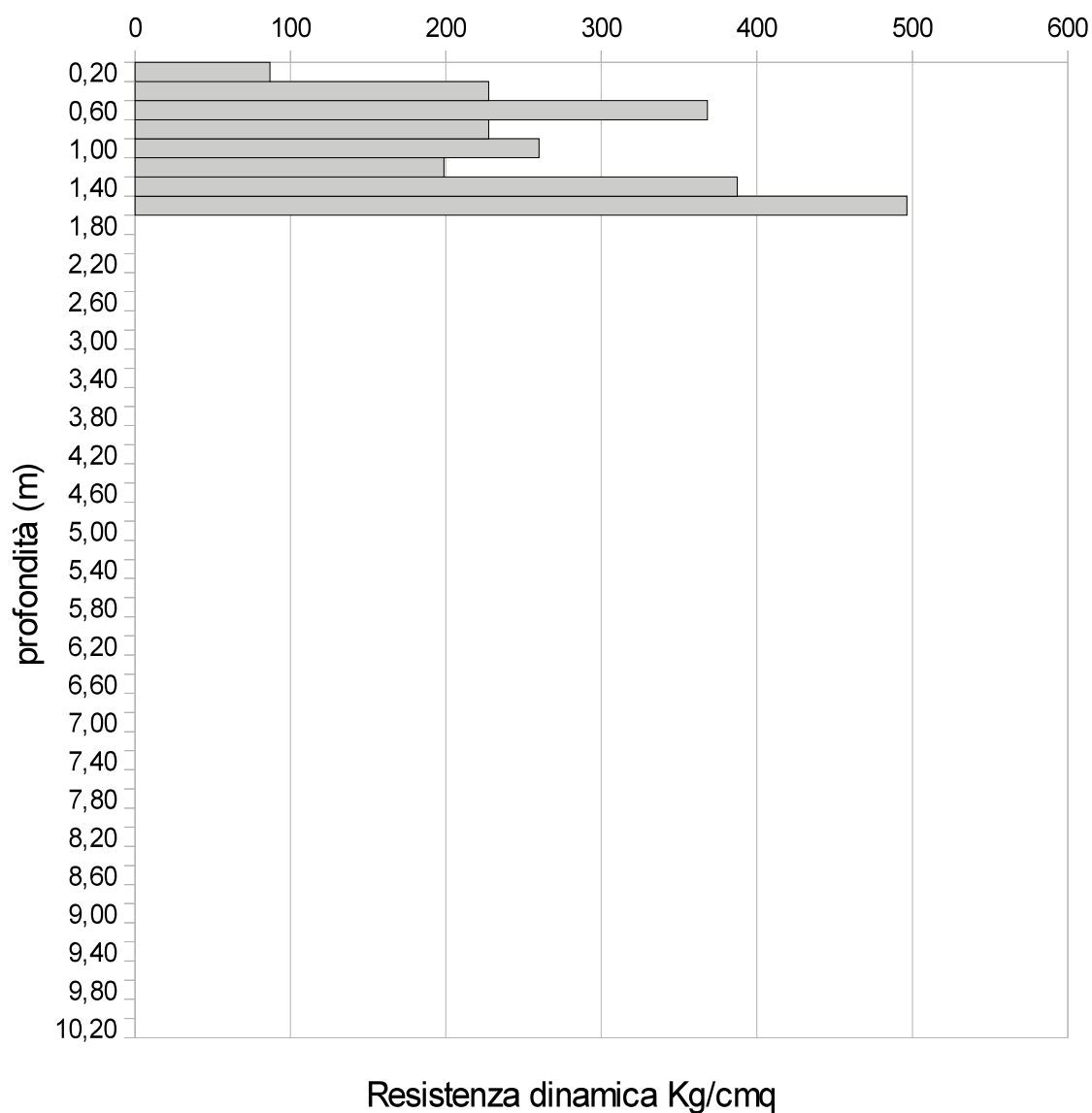
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 19 dpsh1 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova	0,8 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	refiuto (n. colpi > 50)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

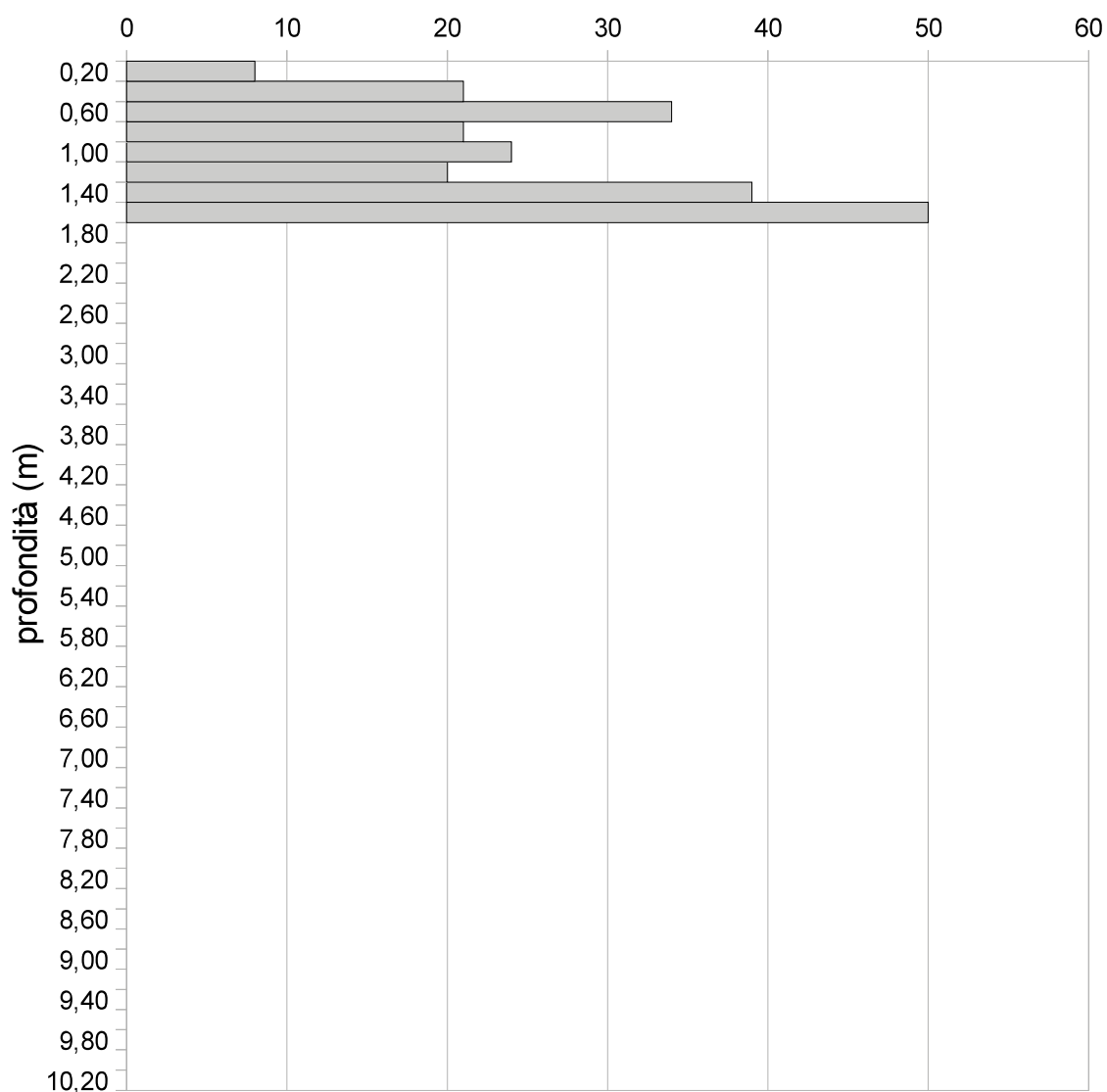
Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapcc.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1 Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 19 dpsh1 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova	0,8 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (n. colpi > 50)



N colpi x 20 cm d'infissione

PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Gian Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

Tel. 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 2

Riferimento: 19 dpsh2 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data:	15/11/16
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova:	0,7 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (n. colpi > 50)

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE M = 63,50 kg

ALTEZZA CADUTA LIBERA H = 0,75 m

DIAMETRO PUNTA CONICA D = 51,00 mm

AREA BASE PUNTA CONICA A = 20 cm²

ANGOLO APERTURA PUNTA $\alpha = 90^\circ$

LUNGHEZZA DELLE ASTE La = 1,00 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

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

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 2

Tabella valori di resistenza

Riferimento: 19 dpsh2 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova	0,7 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (n. colpi > 50)

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	5	54,15	-	1	da 0,80 a 1,00	18	194,94	-	1
da 0,20 a 0,40	13	140,79	-	1	da 1,00 a 1,20	39	387,36	-	2
da 0,40 a 0,60	7	75,81	-	1	da 1,20 a 1,40	50	496,62	-	2
da 0,60 a 80	4	43,32	-	1					

PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Gian Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

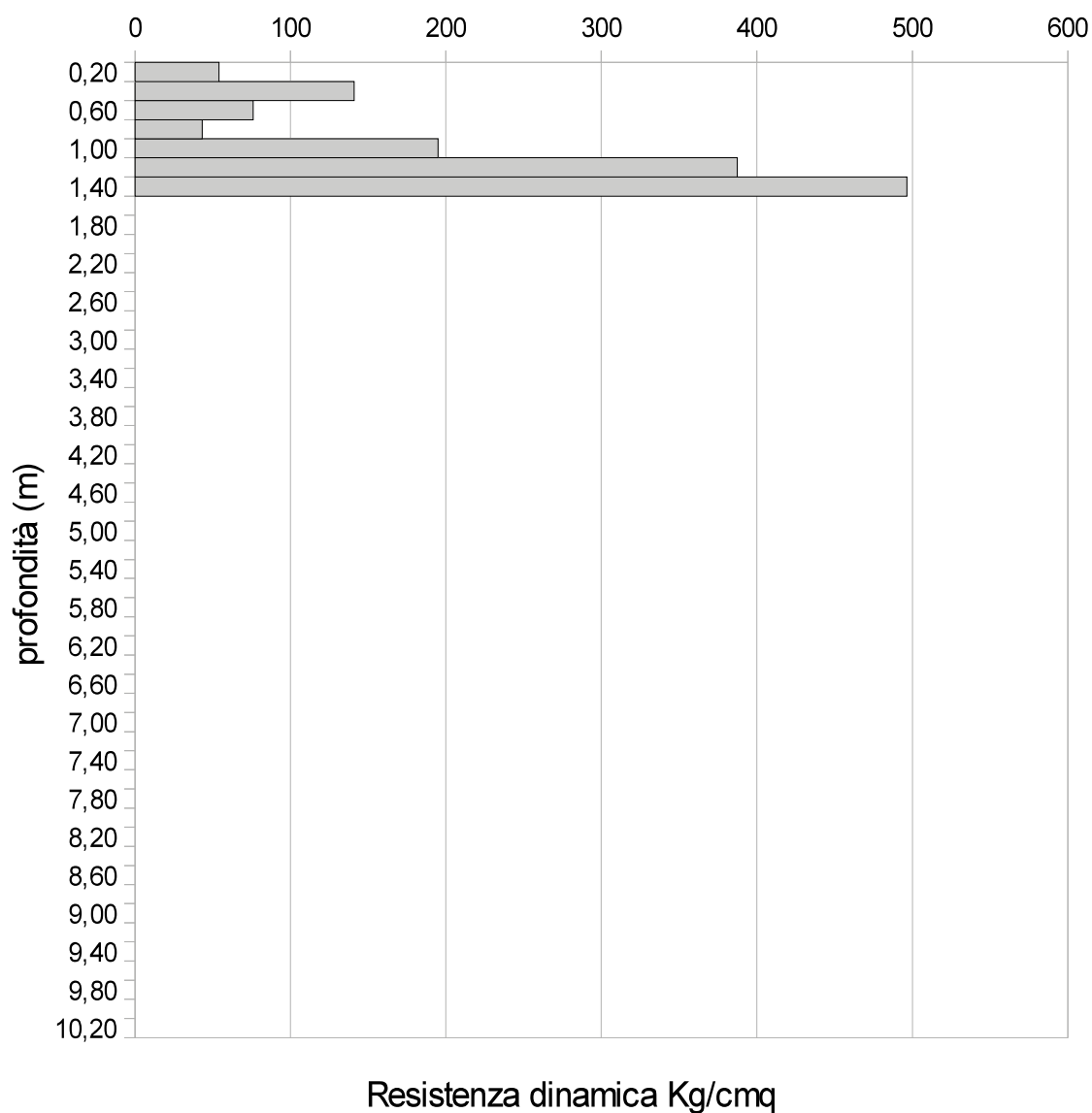
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratioinc@lamiapcc.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 2

Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: 19 dpsh2 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova	0,7 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	refiuto (n. colpi > 50)



PENETRATIO S.N.C.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

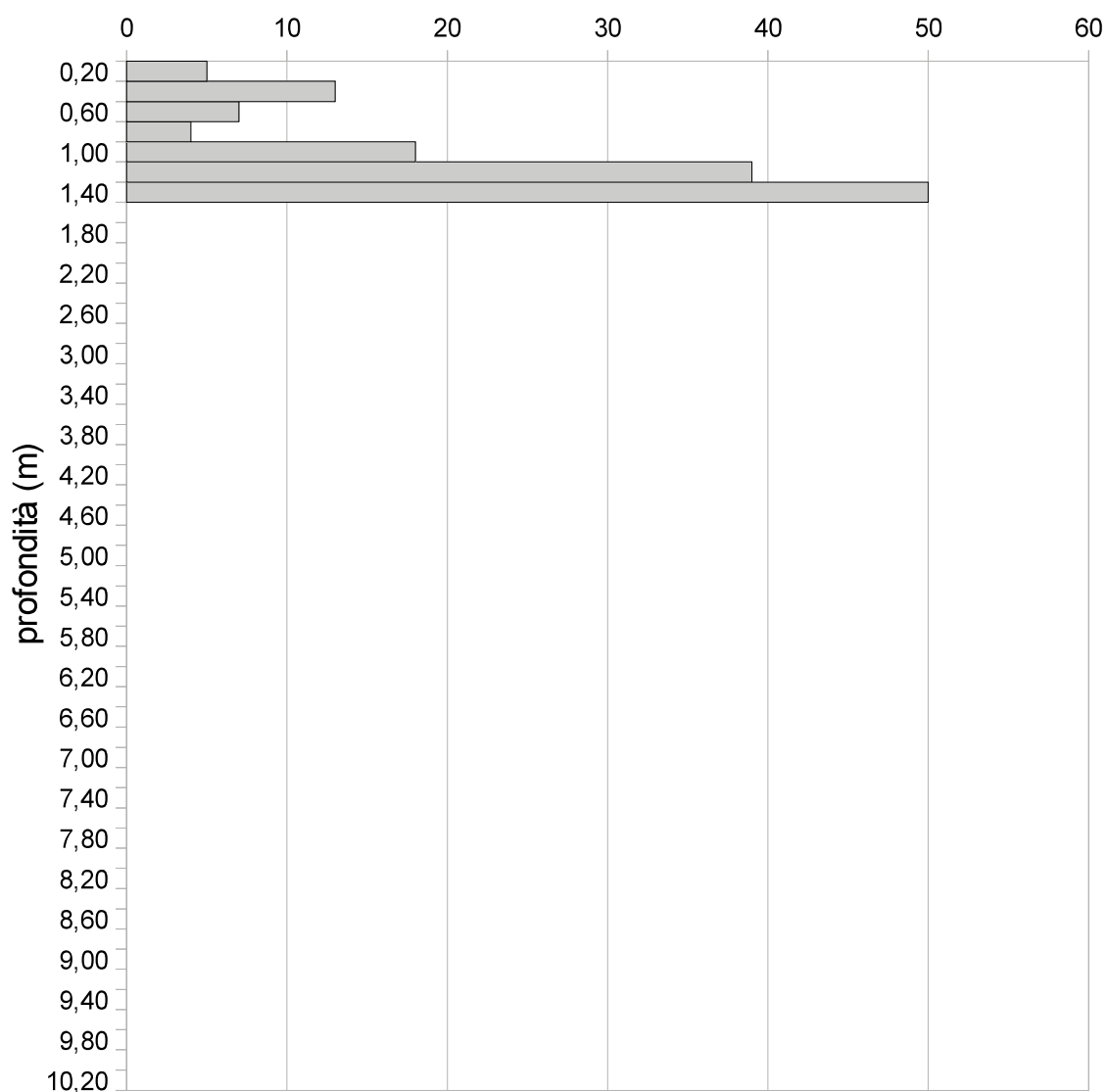
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapcc.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 2

Grafico Ndp - profondità

Riferimento: 19 dpsh2 2016

Committente:	Comune di Vinci	Data	15/11/2016
Località:	ingresso Strada Verde	Prof.tà Prova	0,7 m
Comune:	Vinci (FI)	Note:	rifiuto (n. colpi > 50)



N colpi x 20 cm d'infissione

PENETRATIO s.n.c

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.
ESEGUITA IN VIA GERMIGNETO
COMUNE DI VINCI (FI)**

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

NOVEMBRE 2016

Committente: Comune di Vinci _ III - Settore Lavori Pubblici e Centro Operativo Comunale

INDICE

1 PREMESSE.....	3
2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH.....	3
3 IL METODO M.A.S.W.....	5
4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....	6
5 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	7

ALLEGATI:

- *Grafici “common-shot gather”, spettro di velocità, e profilo verticale onde S*
- *Report di calcolo*

RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W. ESEGUITA IN VIA GERMIGNETO COMUNE DI VINCI (FI)



1 PREMESSE

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) eseguita in Via Gremigneto (a poca distanza dal centro storico di Vinci), nel Comune di Vinci, a supporto del progetto di realizzazione di una passerella-ponte per il nuovo tratto di ingresso al percorso denominato "Strada Verde", opera che rientra nell'ambito del progetto di "Restauero del percorso denominato strada verde dall'abitato di Vinci alla Casa Natale di Leonardo ad Anchiano", previsto dall'Amministrazione Comunale.

L'indagine M.A.S.W. è stata eseguita con l'obiettivo di determinare il parametro VS30, necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, volendo procedere con l'approccio semplificato secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$.

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$.

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_S tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga a una diversa velocità (velocità di fase) che a sua volta corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. (Fig. 2)

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

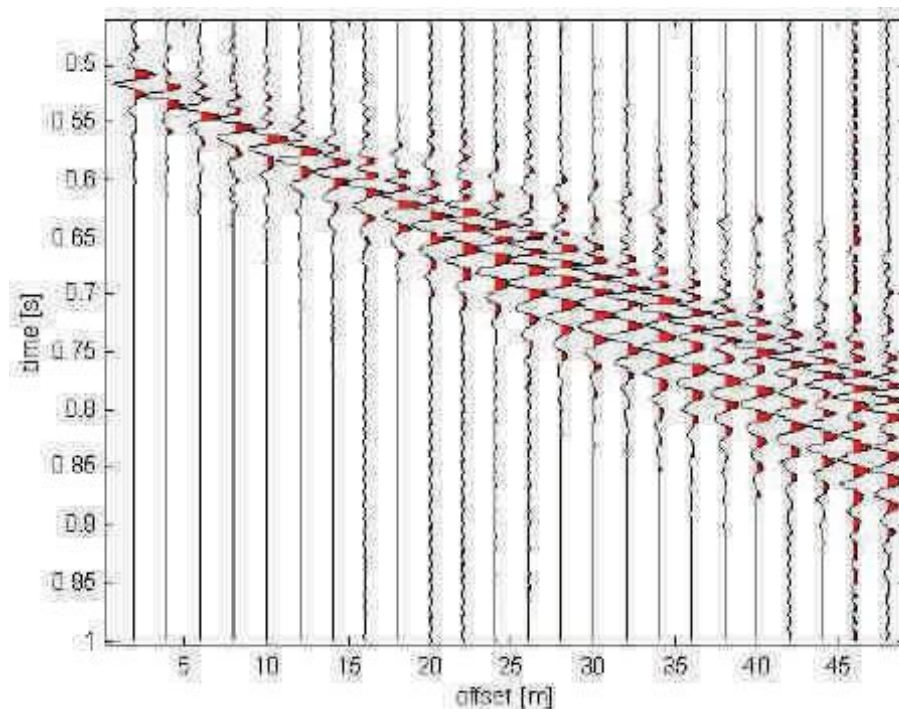


fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato. Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

3 IL METODO M.A.S.W.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_S .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_S .

Per ottenere un profilo Vs vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit
- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB
- . distorsion: 0,01%
- . sampler:
 - 25 msec (191 punti)
 - 50 msec (383 punti)
 - 100 msec (756 punti)
 - 200 msec (1530 punti)
 - 400 msec (3060 punti)

800 msec (6121 punti)

1000 msec

- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 1,5 m
- n. shots: sono state effettuate 2 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 5,0 m e 10,0 m dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il profilo è da considerare orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell'ordine del decimetro).

5 INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW versione 6.0 professional, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite il processo d'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh acquisite con la tecnica masw. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo.

Il processo si articola in due fasi:

- determinazione dello spettro di velocità dove è possibile identificare la curva di dispersione, mediante il picking riconoscendo il solo modo fondamentale o anche i modi superiori.
- inversione della curva di dispersione mediante algoritmi genetici.

Per il processo d'inversione si procede definendo un intervallo di ricerca sia per quanto riguarda le velocità che per gli spessori, all'interno del quale il software valuta tutte le possibili soluzioni fornendo quella più rispondente al picking eseguito. Risulta evidente che la rispondenza tra modello reale del sito e quello ottenuto dal processo d'inversione risente fortemente degli intervalli impostati all'interno dei quali il software esegue la ricerca. Il modello calcolato sarà tanto più prossimo a quello reale tante più informazioni del sito si avranno a disposizione e quindi tanto più gli intervalli di ricerca saranno stringenti.

É possibile inoltre procedere con la modellazione diretta inserendo un modello di partenza del sito e confrontando la curva sintetica calcolata dal software con quella di dispersione ottenuta dalle rilevazioni con tecnica masw..

Nel caso in esame il picking della curva di dispersione è stato eseguito riconoscendo il modo fondamentale, e i due superiori, utilizzando il grafico spettro di velocità/velocità di fase relativo allo *shot* con offset di 5,0 m, che è risultato con sufficiente grado di definizione. Anche lo spettro relativo all'altro *shot* è risultato confrontabile con quello preso in esame.

I profili di velocità delle onde S ottenuti sono profili semplificati multistrato derivanti da parametri di partenza quali spessori e ranges di velocità. Tali parametri sono stimabili con indagini aggiuntive quali sondaggi geognostici, prove penetrometriche, indagini sismica in foro o a rifrazione. In assenza di tali approfondimenti non è possibile ottenere il modello reale sismo-stratigrafico, ma sarà comunque possibile fornire un valore di Vs30 affidabile.

Il software winMasw presenta come soluzione due modelli: Il modello migliore cioè quello che presenta la differenza minore tra la curva osservata e calcolata, e un modello medio calcolato secondo un'operazione statistica, fornendo per ciascun modello il valore di Vs30.

Di seguito sono riportate le velocità Vs e gli spessori dei livelli sismici costituenti i due modelli.

- secondo il MODELLO MEDIO

strato n.	1	2	3	4	5
VS (m/s):	229	314	423	466	956
spessori (m):	2,4	6,4	13	13,4	

- secondo il MODELLO MIGLIORE

strato n.	1	2	3	4	5
VS (m/s):	230	306	425	479	956
spessori (m):	2,45	6,21	13,47	13,01	

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha:

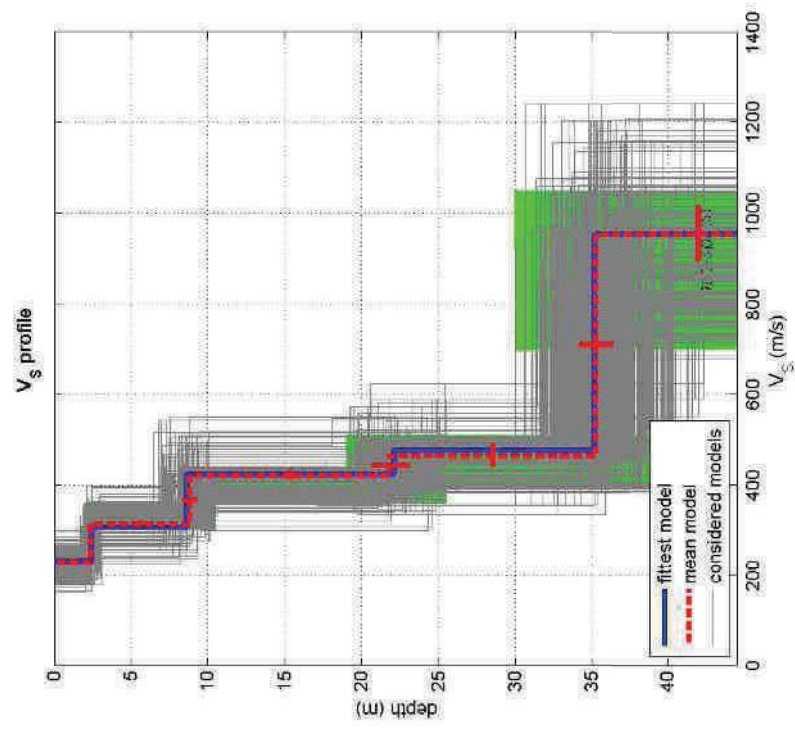
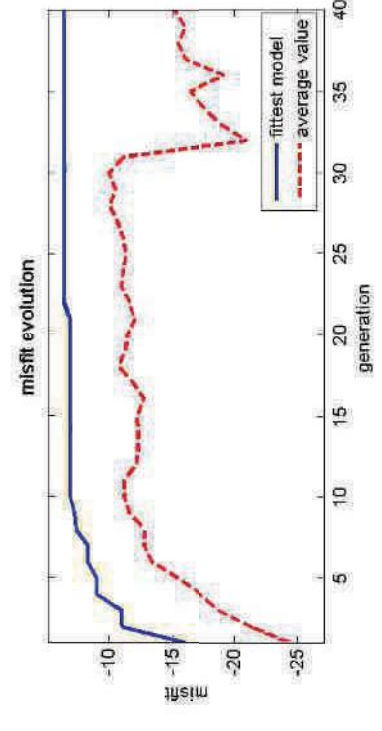
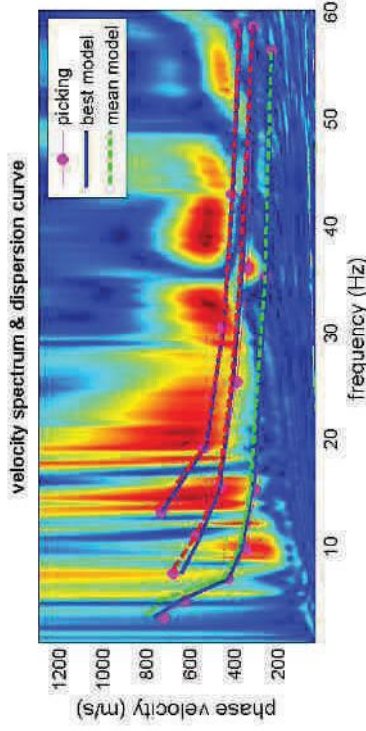
- VS30 del modello medio: 379 m/s
- VS30 del modello migliore: 379 m/s

Fermo restando che la scelta della corretta categoria di suolo spetta al progettista, sulla base delle proprie conoscenze e valutazioni geologiche del sito oltre ai risultati della presente indagine sismica, si osserva che a partire da quota zero di p.c., il valore di Vs30 ottenuto rientra tra quelli compresi nella **categoria di sottosuolo B** secondo la tabella 3.2.II delle NTC 2008 corrispondente a *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)”*

San Miniato 16/11/2016

Penetratio s.n.c.

Dott. Geol. G. Lotti



dataset: 5m.SGY
 dispersion curve: 5m.cdp
 V_{s30} (best model): 379 m/s
 V_{s30} (mean model): 379 m/s

COMUNE DI VINCI

PROVA DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (METODO HVSR)



RELAZIONE TECNICA

Novembre 2016

S.I.S.M.A. geo
PROSPEZIONI SISMICHE
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri


Dott. L. Guido


Indice

1. PREMESSA	2
2. MISURE HVSR.....	3
3. TECNICA HVSR.....	4
5. CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E PROCEDURA DI ANALISI DEI DATI	5

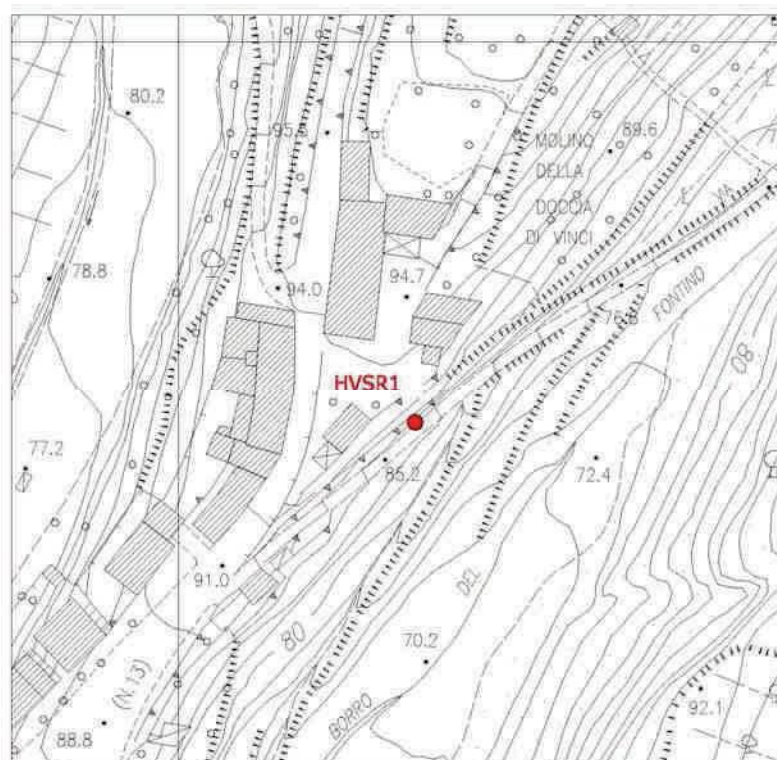
Appendice:

- SCHEDA TECNICA MISURA HVSR

1. PREMESSA

Su incarico del Dott. Geol. Giuseppe Lotti, in data 16/11/2016, è stata eseguita una prova di sismica passiva a stazione singola (HVSr) nel Comune di Vinci (Fi).

Nelle seguenti figure si riporta l'ubicazione della suddetta prospezione sismica.



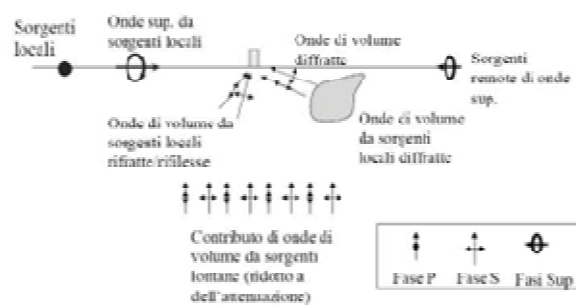
Scopo di tale indagine è determinare, in primo luogo, la **frequenza caratteristica di risonanza del sito (fo)** (picco H/V principale nel range di frequenze di interesse ingegneristico), in secondo luogo definire l'entità del rapporto H/V per verificare la presenza o meno di una discontinuità stratigrafica tale da determinare un alto contrasto d'impedenza ($H/V > 3$) che possa generare il fenomeno dell'amplificazione sismica locale.

2. MISURE HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per ciò che concerne le basse frequenze.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento ecc.) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.



Modalità di generazione e propagazione microtremore

Pertanto, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziali e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR e che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916).

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier
- Rapporti spettrali
- Rapporti spettrali H/V

Tra questi, quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V o, come prima accennato, noto anche come metodo HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e conosciuto anche come metodo di Nakamura.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose in inglese il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremiti siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

3. TECNICA HVSr

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSr è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo, in generale, sono:

- ove esistente, la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

- la **stratigrafia del sottosuolo** con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di quanto segue:

1. *dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremori;*
2. *dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;*
3. *dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.*

4. CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E PROCEDURA DI ANALISI DEI DATI

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sensore 3D a stazione singola che racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz.



Strumentazione



Sensore 3D

Il sensore è collegato ad un sismografo alimentato a batteria esterna ed ad un netbook in cui trasferisce i dati acquisiti, memorizzati e convertiti in file ASCII mediante il software "Sysmatrack" fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo pari a 35 minuti;
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;

4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

- i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato;
- gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti";
- la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Procedura di analisi dei dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. la curva HVSR, ottenuta col software WinMasw Pro, con parametri:
 - larghezza delle finestre d'analisi (in secondi);
 - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
 - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2;
 - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4v} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

dove:

V_0 = velocità al tetto dello strato;

a = fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.);

v = frequenza fondamentale di risonanza.

Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Elaborazione dei dati di microtremore

L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità relativa della rispettiva discontinuità sismica e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh ed i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità (m) dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica di massima del sottosuolo.

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza. Eventuali altre frequenze evidenziate (picchi secondari) se vicine alle frequenze di interesse ingegneristico (struttura) possono essere comunque significative.

La validità della misura HVSR eseguita è stata verificata sulla base della procedura SESAME, che definisce i criteri sia per l'ottenimento di una curva H/V affidabile sia per la determinazione di un picco certo del rapporto H/V, e sono state inoltre classificate secondo i criteri della "Proposta per una classificazione delle misure HVSR" (Albarello et al., 2010).

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati della misura HVSR, mentre in Appendice viene riportata una scheda tecnica riassuntiva dove sono descritte, oltre alla suddetta check-list dei criteri SESAME, tutte le informazioni sulla localizzazione della misura stessa e le caratteristiche principali dell'analisi.

HVSR n.	Frequenza di picco F_0 (Hz)	Ampiezza picco A_0	Stima profondità picco (m dal p.c.)	Classe (Albarello et al., 2010)
1	2.2	1.7	38/40	A2
1	33.8	6.6	2.5	A2

Commento ai risultati

L'indagine relativa alla misura HVSR1 ha rilevato due massimi H/V, il primo alla frequenza di 2.2 Hz e il secondo a quella di 33.8 Hz.

Relativamente ai criteri di SESAME (2004), così come riportato nelle schede in appendice, questi due picchi di frequenza soddisfano tutti i punti del primo gruppo (curva H/V affidabile) e 4 punti su 6 del secondo gruppo (picco H/V chiaro) e pertanto sono "certi".

La frequenza di picco pari a **33.8 Hz**, considerando i dati stratigrafici dell'area e le velocità ricavate dall'indagine MASW, può essere messa in relazione ad una transizione litologica presente a circa 2.5 m di profondità, tale da generare amplificazione sismica locale per alto contrasto d'impedenza ($H/V = 6.6$): questa frequenza non è però ritenuta significativa perché esula dal range di interesse ingegneristico.

Mentre la frequenza fondamentale del sito è **2.2 Hz**: questa può essere messa in relazione ad un substrato rigido, la cui profondità è stimabile in circa 38/40 metri, che è caratterizzato da un


contrasto di impedenza sismica basso con la copertura ($H/V= 1.7$) tale da non determinare effetti di amplificazione delle onde sismiche in superficie.

Concludendo si ribadisce che i modelli ottenuti dai risultati geofisici non invasivi, in generale, sono utilizzabili ai fini di valutazioni semiquantitative della risposta sismica locale e devono essere accertati mediante indagini dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico; infatti, le indagini geofisiche non invasive devono considerarsi conoscitive e non esaustive per la definizione della reale situazione litostratigrafica del sottosuolo. In ragione di ciò, la *S.I.S.M.A. geo* declina ogni responsabilità relativamente alle attività che si basano esclusivamente sui risultati geofisici e poste in essere dal committente o da terzi incaricati sui luoghi oggetto dell'indagine.

Pisa, novembre 2016

S.I.S.M.A. geo
PROSPEZIONI SISMICHE
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri



Dott. L. Guido

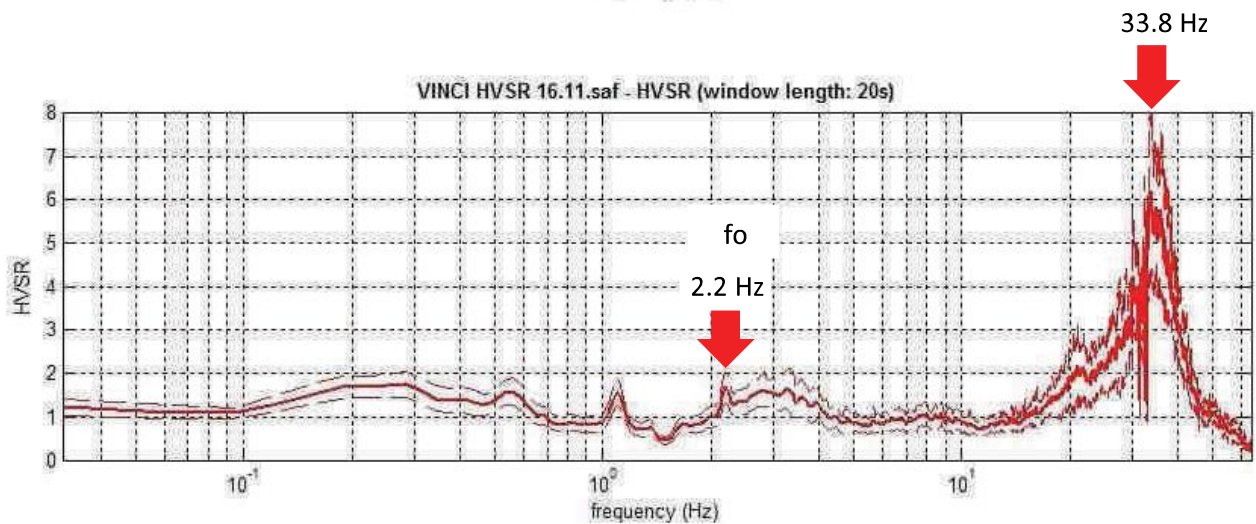
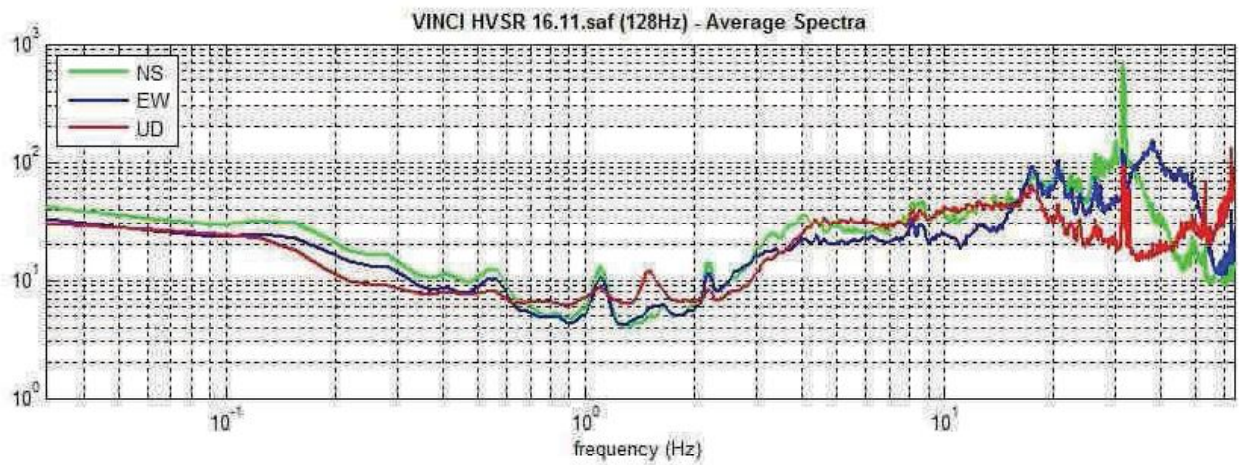


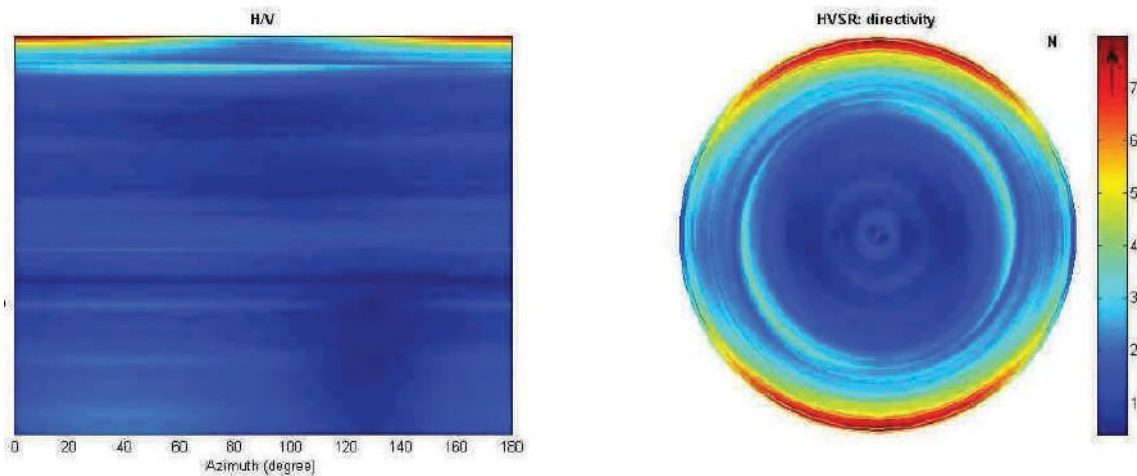
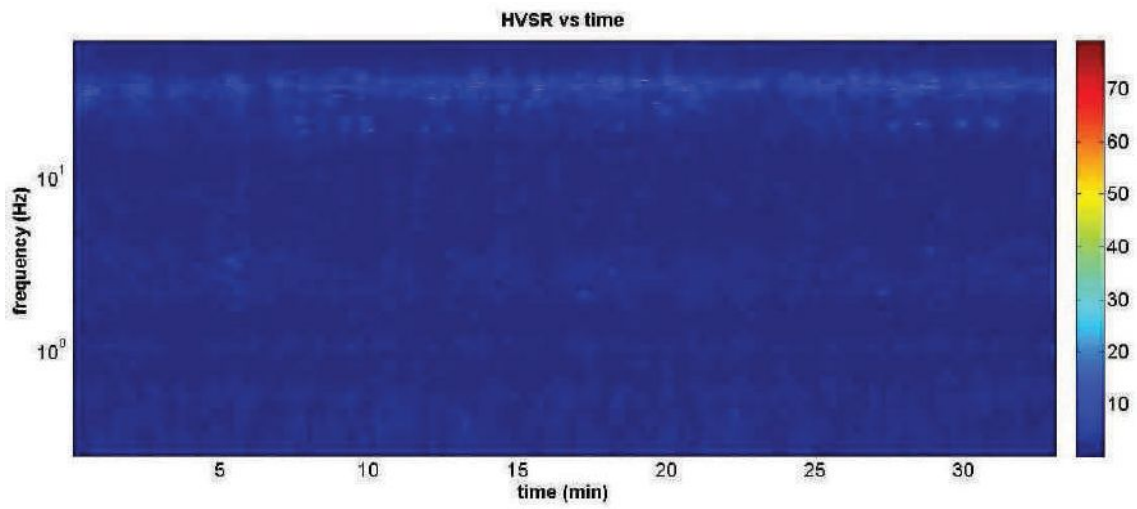
APPENDICE

SCHEDA TECNICA MISURA HVSR

Dataset: **HVSR1_Vinci.saf**
Sampling frequency (Hz): 128 (reampled)
Window length (sec): 20
Length of analysed temporal sequence (min): 33.6
Tapering (%): 10
Spectral smoothing (triangular window): 10%

Coordinate Gauss-Boaga (X, Y): 1655252 4850314





CRITERIA DI AFFIDABILITÀ SESAME (RANGE DI FREQUENZA 0.5-5.0 Hz)			
Peak frequency (Hz): 2.2 (± 0.9)			
Peak HVSr value: 1.7 (± 0.4)			
CRITERI PER UNA CURVA H/V AFFIDABILE			
#1	$f_0 > 10/Lw$	$2.2 > 0.5$	OK
#2	$nc > 200$	$8835 > 200$	OK
#3	$f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$		OK
CRITERI PER PICCO H/V CHIARO (at least 5 should be fulfilled)			
#1	exists f- in the range $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$	yes, at frequency 1.8Hz	OK
#2	exists f+ in the range $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	yes, at frequency 4.6Hz	OK
#3	$A_0 > 2$	$1.7 < 2$	NO
#4	$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
#5	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.886 > 0.111$	NO
#6	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.527 < 1.58$	OK

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII		
DURATA DELLA MISURA	Almeno 15/20 min	SI
STAZIONAREITÀ	$\% (\Sigma Lw/durata \text{ registrazione}) > 30\% = 78\%$	SI
ISOTROPIA	variazioni azimuthali di ampiezza $< 30\%$ del massimo	SI
ASSENZA DI DISTURBI		SI
PLAUSIBILITÀ FISICA	diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	verificati i primi 3 criteri di SESAME (curva H/V attendibile)	SI
CLASSE: A2		

CRITERIA DI AFFIDABILITÀ SESAME (RANGE DI FREQUENZA 0.5-6.0 Hz)			
Peak frequency (Hz): 33.8 (± 4.2)			
Peak HVSR value: 6.6 (± 1.9)			
CRITERI PER UNA CURVA H/V AFFIDABILE			
#1	$f_0 > 10/Lw$	$33.8 > 0.5$	OK
#2	$nc > 200$	$136669 > 200$	OK
#3	$f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$		OK
CRITERI PER PICCO H/V CHIARO (at least 5 should be fulfilled)			
#1	exists f- in the range $[f_0/4, f_0] \mid AH/V(f-) < A_0/2$	yes, at frequency 32.9Hz	OK
#2	exists f+ in the range $[f_0, 4f_0] \mid AH/V(f+) < A_0/2$	yes, at frequency 40.2Hz	OK
#3	$A_0 > 2$	$6.6 > 2$	OK
#4	$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
#5	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.213 > 1.691$	NO
#6	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.964 < 1.58$	NO

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII		
DURATA DELLA MISURA	Almeno 15/20 min	SI
STAZIONAREITÀ	$\% (\Sigma Lw/durata \text{ registrazione}) > 30\% = \mathbf{78\%}$	SI
ISOTROPIA	variazioni azimuthali di ampiezza $< 30\%$ del massimo	SI
ASSENZA DI DISTURBI		SI
PLAUSIBILITÀ FISICA	diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	verificati i primi 3 criteri di SESAME (curva H/V attendibile)	SI
CLASSE: A2		