

COMUNE DI SANTA CROCE SULL'ARNO
(Provincia di Pisa)



**INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE
A SUPPORTO DELLA VARIANTE n.16
AL REGOLAMENTO URBANISTICO**

Cambio di destinazione d'uso di terreni ubicati a Staffoli
da "Zone coltivate delle aree di spianata (ZSP)" e "Zone di scarpata (ZSC)"
a "Impianti sportivi privati (isp)"

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

Il tecnico
Geol. Annalisa Masoni



LUGLIO 2018

INDICE

	Premessa _____	Pag.3
1	Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico _____	Pag.5
2	Classificazione dell'area in termini di pericolosità ai sensi degli strumenti urbanistici vigenti _____	Pag.7
3	Indagini geonostiche e geofisiche a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale _____	Pag.9
	3.1 Prova penetrometrica statica CPT.1 _____	Pag.9
	3.2 Indagine sismica con metodologia MASW _____	Pag.10
	3.3 Indagine di sismica passiva HVSR _____	Pag.11
4	Classificazione della'area in termini di Pericolosità e Fattibilità ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 _____	Pag.12
	4.1 Carta della Pericolosità Geologica _____	Pag.12
	4.2 Carta della Pericolosità Idraulica _____	Pag.12
	4.3 Carta delle Aree con Problematiche Idrogeologiche _____	Pag.13
	4.4 Carta della Pericolosità Sismica Locale _____	Pag.13
	4.5 Carta della Fattibilità _____	Pag.14
	4.5.1 Fattibilità Geologica _____	Pag.14
	4.5.2 Fattibilità Idraulica _____	Pag.17
	4.5.3 Fattibilità Sismica _____	Pag.18
	4.5.4 Fattibilità per Problematiche Idrogeologiche _____	Pag.19

TAVOLE

TAV.1	Stralci " <i>Variante Piano Strutturale Comune santa Croce sull'Arno</i> " in Scala 1:5.000 Carta Geologica Carta Geomorfologica
TAV.2	Stralci " <i>Variante Piano Strutturale Comune santa Croce sull'Arno</i> " in Scala 1:5.000 Carta dell'Acclività Carta Idrogeologica e del Reticolo Idraulico
TAV.3	Stralci " <i>Variante Piano Strutturale Comune santa Croce sull'Arno</i> " in Scala 1:10.000 Carta della Pericolosità Geomorfologica ai sensi del D.P.G.R. n.26/R Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del D.P.G.R. n.26/R Carta delle ZMPSL ai sensi del D.P.G.R. n.26/R Carta delle Aree con Problematiche Idrogeologiche
TAV.4	Stralci " <i>Variante Piano Strutturale Comune santa Croce sull'Arno</i> " in Scala 1:5.000 Carta dei dati di Base
TAV.5	Carta della Pericolosità Idraulica P.G.R.A. – Autorità di Bacino F.Arno
TAV.6	Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante P.A.I. – Autorità di Bacino F.Arno
TAV.7	Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 in Scala 1:5.000
TAV.8	Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 in Scala 1:5.000
TAV.9	Carta delle Aree con Problematiche Idrogeologiche ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 in Scala 1:5.000

TAV.10 Carta della Pericolosità Sismica Locale ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 in Scala 1:5.000

TAV.11 Carta della Fattibilità ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 in Scala 1:5.000

ALLEGATI

- ALL.1 Elaborati dati geognostici, sismici e idrogeologici di archivio estratti dalla Variante al P.S. comunale
- ALL.2 Elaborati prova penetrometrica statica CPT.1 eseguita a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale
- ALL.3 Studio di Microzonazione Sismica MS di Livello 1 eseguito a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale
 - TAV.1 Carta delle Frequenze Misurate in Scala 1:5.000
 - TAV.2 Carta delle MOPS in Scala 1:5.000
 - ALL.3.a Elaborati indagini di sismica passiva HVSR estratti dalla Variante n.10 al R.U. comunale
 - ALL.3.b Elaborati indagini sismiche MASW e HVSR eseguite a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale

PREMESSA

La presente relazione di fattibilità geologica è stata redatta a supporto della Variante n.16 al Regolamento Urbanistico del Comune di Santa Croce sull'Arno (PI) su incarico della stessa Amministrazione Comunale.

L'area oggetto di trasformazione con la Variante n.16 è compresa nell'UTOE "Staffoli 2 Ambito delle aree agricole collinari", rappresentata nell'elaborato P.S. 11b e disciplinata dall'Art.30 delle Norme tecniche di attuazione della Variante al Piano Strutturale approvata con Del.C.C. n.31 del 19.05.2011, ed è ubicata esternamente al perimetro che delimita il centro abitato della frazione di Staffoli come rappresentato nel Regolamento Urbanistico vigente.

A seguito di istanza presentata in data 29.07.2016 con Prot. 17157 dall'**"Azienda Agricola VILLA LIANA Società Agricola S.r.l."** con sede legale in Santa Maria a Monte (PI), l'Amministrazione Comunale ha ritenuto opportuno redigere una variante urbanistica ad alcuni terreni di proprietà dell'azienda posti nella frazione di Staffoli attualmente classificati secondo il Regolamento Urbanistico vigente in "*Zone coltivate delle aree di spianata (ZSP)*" e "*Zone di scarpata (ZSC)*".

In riferimento al potenziamento dell'attività svolta dall'azienda agricola richiedente non risulta più coerente la destinazione urbanistica della zona agricola attuale per cui si rende necessario apportare la modifica di classificazione urbanistica dell'area in "*Impianti sportivi privati (isp)*".

L'area ha una superficie territoriale complessiva di circa 40 Ha di cui attualmente circa 26 Ha ricompresi in "*Zone coltivate delle aree di spianata (ZSP)*" e 14 Ha ricompresi nella "*Zone di scarpata (ZSC)*" del Regolamento Urbanistico vigente.

La riclassificazione dei suddetti terreni in "*Impianti sportivi privati (isp)*" dovrà però mantenere il vincolo di inedificabilità per la zona attualmente individuata nel regolamento urbanistico vigente "*Zone di scarpata (ZSC)*", così come previsto dalla norma corrispondente delle norme di attuazione, dato che i terreni ricompresi in tale zona sono occupati prevalentemente da boschi. Per quanto riguarda i rimanenti terreni di proprietà dell'azienda agricola verrà mantenuta la classificazione prevista nel vigente Regolamento Urbanistico.

Il Comune di Santa Croce sull'Arno, con Delibera del Consiglio Comunale n.31 del 19.05.2011, aveva approvato la Variante generale al Piano Strutturale attualmente vigente che era stata redatta, per gli aspetti geologici, idraulici e sismici ai sensi del D.P.G.R. n.26/R/2007.

L'entrata in vigore del nuovo regolamento di attuazione dell'Art.62 della L.R. n.1 del 03.01.2005 ("Norme per il governo del territorio") in materia di indagini geologiche, emanato con D.P.G.R. n.53/R del 25.10.2011, ha reso necessaria una revisione degli elaborati prodotti per l'area interessata dalla Variante n.16.

Al fine di attribuire le nuove classi di pericolosità e fattibilità geologica, idraulica e sismica all'area interessata si è ritenuto necessario ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico della zona della Variante sulla base di dati reperibili negli strumenti urbanistici comunali (prove penetrometriche, saggi geognostici, profili sismici a rifrazione ed indagini di sismica passiva HVSR); inoltre, considerata la natura superficiale del terreno e le caratteristiche dell'intervento in oggetto, si è ritenuto opportuno realizzare le seguenti indagini integrative (Tav.4):

- n.1 prova penetrometrica statica CPT.1 spinta sino alla profondità di -14,40 m dal p.c. attuale, al raggiungimento del rifiuto strumentale;
- n.1 indagine sismica con metodologia MASW;
- n.1 indagine di sismica passiva HVSR.

È stato, infine, realizzato uno Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 corredata delle Carte delle Frequenze e delle MOPS per l'attribuzione della classi di pericolosità sismica locale ai sensi del D2.P.G.R. n.53/R/2011.

1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il territorio interessato dalla Variante n.16 al R.U. è ubicato esternamente al perimetro che delimita il centro abitato della frazione di Staffoli, inserito nei rilievi collinari delle Cerbaie che si sviluppano a Nord della pianura alluvionale del Fiume Arno, ad Ovest della pianura di Bientina e ad Est di quella di Fucecchio (Tav.1).

Il paesaggio collinare in oggetto è caratterizzato da rilievi con forme dolci tipiche dei terreni in prevalenza sabbiosi con le sommità spianate e poco inclinate che rappresentano superfici emerse nel Quaternario. In queste aree il sollevamento recente è stato modesto, ma l'erosione è stata rapida a causa dei materiali scarsamente coerenti (sabbie con o senza ciottoli), cosicché le valli simulano una morfologia di aspetto senile, mentre la rete idrografica è giovane, cioè di età Quaternaria.

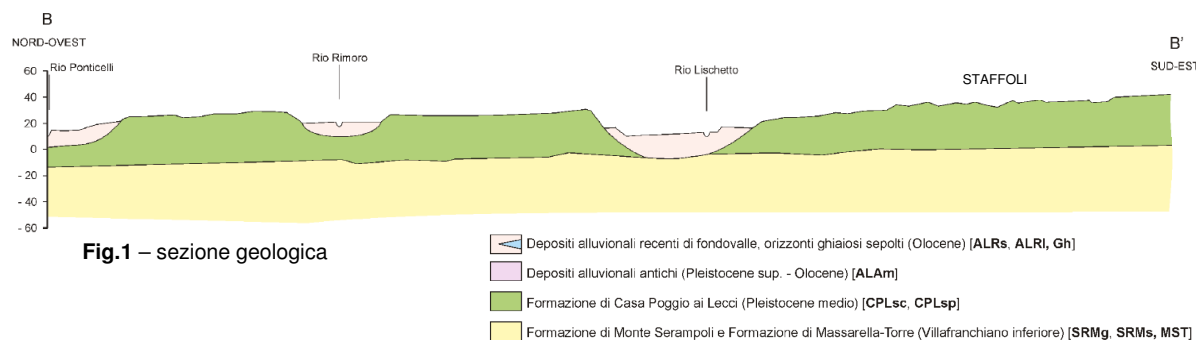
Le quote del p.c. del territorio interessato dalla variante in oggetto variano da 9-10 m s.l.m. nella porzione Nord-Ovest, in direzione del Rio Ponticelli, a 29 m s.l.m. in corrispondenza della zona Sud-Est del comparto.

Dal punto di vista geomorfologico sono, quindi, presenti soltanto forme e processi dovuti agli orli dei terrazzi quiescenti: il passaggio tra la morfologia sommitale della spianata e la morfologia di versante in scarpata, demarcato da un orlo di terrazzo, risulta evidente sui dolci versanti sabbiosi (Tav.1).

Durante il sopralluogo effettuato, in corrispondenza dell'area in oggetto ed in un immediato intorno, non sono stati evidenziati fenomeni di dissesti importanti, vista anche la conformazione morfologica, in accordo con la Carta Geomorfologica allagata agli strumenti urbanistici vigenti.

L'intera zona è, infatti, caratterizzata da pendenze medie inferiori al 10%, ad eccezione dell'orlo di terrazzo sopra indicato che raggiunge pendenze sino al 25% (Tav.2).

La struttura geologica del versante del pianalto delle Cerbaie su cui sorge l'abitato di Staffoli è caratterizzato dall'affioramento dei depositi sabbiosi e conglomeratici matrice-sostenuti del Pleistocene medio (Formazione di Casa Poggio ai Lecci), che poggiano sulle formazioni del Villafranchiano inferiore (Formazione di Monte Serampoli e Formazione di Massarella-Torre – Fig.1): queste ultime risultano costituite da ghiaie e conglomerati granulo-sostenuti massivi di clasti di calcari derivanti dalle unità mesozoiche della Falda Toscana e da sabbie e sabbie limose.



L'area oggetto di variante risulta caratterizzata, in affioramento, dalle seguenti "unità litostratigrafiche", a partire da quella più recente (Tav.1):

- ALRs: depositi alluvionali recenti prevalentemente limoso sabbiosi (età: Olocene). Si tratta di sedimenti a prevalenza limosa e sabbiosa, in rapporto variabile, relativi all'azione di trasporto dei principali corsi d'acqua e depositati nei fondovalle della Frazione di Staffoli;
- CPLsp e CPLsc: Formazione di Casa Poggio ai Lecci (età: Pleistocene medio). Si tratta di depositi sabbiosi e conglomeratici matrice-sostenuti, a cui si intercalano sottili e discontinui intervalli di argille grigie lacustri; gli elementi che costituiscono i conglomerati sono rappresentati da anageniti, arenarie, scisti, diaspri, metacalcari, selci e la matrice sabbiosa si presenta arrossata per pedogenesi. Tale unità di ambiente fluvio-lacustre affiora diffusamente sul rilievo delle Cerbaie. In cartografia è stata riportata la distinzione tra affioramenti in spianate (sp) ed in scarpate (sc).

La prova penetrometrica statica CPT.1 realizzata all'interno dell'area in oggetto (Tav.4) ha rilevato la presenza di depositi sabbiosi e limosi con intercalazioni di limi argillosi sino alla profondità di -9,60 m dal p.c. e sedimenti sabbiosi e limosi sino a -14,20 m dal p.c. A profondità maggiori si intercettano le sabbie e ghiaie.

I terreni intercettati dalla prova eseguita corrispondono alla Formazione di Casa Poggio ai Lecci sopra descritta.

La struttura geologica descritta, che nell'insieme forma un complesso acquifero, contiene sia falde libere che falde in pressione e sono limitati verso il basso dall'acquicluda argilloso del Villafranchiano.

L'idrogeologia della zona è condizionata dal grado di cementazione e dalla permeabilità dei materiali che costituiscono i depositi sabbiosi e conglomeratici superficiali e profondi; la porzione superficiale di terreno, fino a circa -20 m di profondità, non presenta acquiferi molto produttivi, ma limitati agli sporadici livelli sabbiosi con una produttività modesta e molto condizionata dalle precipitazioni stagionali. La prima falda confinata e sfruttabile, in queste zone ed in questi materiali, è ubicata alla profondità di -20/-30 m dal p.c. attuale, come dimostrano i pozzi della rete acquedottistica pubblica che emungono da tali acquiferi.

Al termine della realizzazione della prova penetrometrica CPT.1, eseguita all'interno dell'area di variante, nel perforo prodotto è stato misurato un livello acquifero alla profondità -3,50 m dal p.c. attuale: tale livello è presumibilmente legato alla presenza di sabbie e limi puliti, passanti a sabbie e ghiaie, che si intercettano a partire da -9,60 m dal p.c. attuale.

Dal punto di vista idrologico, infine, lungo la Via Carlo Marx, che delimita il lato Nord-orientale dell'area della Variante n.16, corre il Fosso Paduletta di Staffoli che si immette nel Rio dei Ponticelli poco più a Nord-Ovest, appartenente al reticolo idrografico e di gestione della Regione Toscana censito con la L.R. n.79/2012 aggiornato con D.G.R.T. n.1357/2017.

L'area indicata per la Variante n.16 è posta, inoltre, in prossimità del Rio Lischeto, affluente sinistro del Rio dei Ponticelli, che scorre a Nord-Est.

All'interno della zona in oggetto sono presenti varie canalette campestri che si immettono negli stessi corsi d'acqua indicati.

2. CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ AI SENSI DEGLI STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI

Il Comune di Santa Croce sull'Arno, con Delibera del Consiglio Comunale n.31 del 19.05.2011, aveva approvato la Variante generale al Piano Strutturale attualmente vigente che era stata redatta, per gli aspetti geologici, idraulici e sismici ai sensi del D.P.G.R. n.26/R/2007.

In base agli elaborati allegati il territorio interessato dalla Variante n.16 al R.U. veniva inserito nelle classi di pericolosità di seguito indicate (Tav.3).

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

L'area racchiude principalmente porzioni di territorio interessate da pericolosità geomorfologica media G.2 ed elevata G.3: le ultime sono relative alla presenza di orli di terrazzi quiescenti o ad aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia.

Una piccola porzione di territorio posta nella parte meridionale dell'area della Variante n.16 era stata inserita in classe di pericolosità geomorfologica molto elevata G.4 poichè considerata come area di influenza ed in dissesto relativa ai depositi eluvio-colluviali attivi rilevati a valle della Via Porto alle Lenze (EC – Tav.1) .

I terreni classificati a pericolosità geomorfologica elevata G.3 risultano attualmente occupati prevalentemente da boschi o ricadono prevalentemente all'interno dell'area con vincolo di inedificabilità; i terreni classificati a pericolosità geomorfologica molto elevata G.4 risultano attualmente completamente occupati da boschi o ricadono completamente all'interno dell'area con vincolo di in edificabilità.

La zona in oggetto è, inoltre, inserita prevalentemente tra le aree classificate a pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante media PF.2 del D.P.C.M. 06/05/05 (PAI-Autorità di Bacino F.Arno – Tav.6).

PERICOLOSITA' IDRAULICA

L'area racchiude prevalentemente porzioni di territorio interessate da pericolosità idraulica bassa I.1 e media I.2: fa eccezione una piccola porzione posta nella zona Nord-NordEst del comparto classificata a pericolosità idraulica elevata I.3 e corrispondente alle aree di fondovalle del Rio di Lischeto e del Fosso Paduletta di Staffoli, che si immettono nel Rio dei Ponticelli poco più a Nord, poste morfologicamente in situazione sfavorevoli (quote altimetriche inferiori ai 2 m rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda).

Le aree di fondovalle sopra indicate sono state inserite in classe di pericolosità da alluvione bassa P.1 del PGRA approvato con Del.C.I. n.235 del 03/03/2016 (Tav.5): in tale classe ricadono le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $Tr > 200$ anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

L'area in oggetto ricade in classe a media vulnerabilità V.3 in cui la risorsa idrica presenta un grado di protezione mediocre e non sufficiente a garantirne la salvaguardia: tale situazione si manifesta nelle aree caratterizzate dalla presenza di sabbiosi e ghiaiosi come quelle in esame.

Fanno eccezione i laghi classificati ad elevata vulnerabilità V.4 in cui la risorsa idrica è esposta ovvero si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti

PERICOLOSITA' SISMICA

L'area oggetto di Variante n.16 ricade nella classe di pericolosità sismica elevata S.3 comprendente prevalentemente zone con presenza di depositi alluvionali e del ciclo stratigrafico plio-pleistocenico, con possibili effetti di amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica.

Le zone di bordo della valle e di raccordo con il versante risultano, invece, soggetti ad amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE A SUPPORTO DELLA VARIANTE N.16 AL R.U. COMUNALE

Al fine di attribuire le nuove classi di pericolosità e fattibilità geologica, idraulica e sismica all'area interessata dalla Variante n.16 ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 si è ritenuto opportuno integrare i dati reperibili negli strumenti urbanistici comunali (Allegato 1) con le seguenti indagini geognostiche e geofisiche (Tav.4):

- n.1 prova penetrometrica statica CPT.1 (Allegato 2);
- n.1 indagine sismica con metodologia MASW (Allegato 3.b);
- n.1 indagine di sismica passiva HVSR (Allegato 3.b).

Tutte le indagini sono state effettuate dalla ditta GAIA Servizi S.n.c. di San Giuliano Terme (PI) il giorno 29 Giugno 2018.

3.1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT.1

L'indagine geognostica è stata realizzata con l'utilizzo di un penetrometro Pagani TG63-200 da 20 t ed è stata spinta sino alla profondità di -14,40 m dal p.c. attuale, al raggiungimento del rifiuto strumentale (Allegato 2); dal rapporto tra resistenza alla punta e la resistenza di attrito locale ricavata dai dati penetrometrici, si è potuto ricostruire, secondo la classificazione di Searle (Begemann modif.), la colonna stratigrafica della CPT con la descrizione litologica dei terreni attraversati dalla punta del penetrometro.

Parametri geotecnici medi Prova CPT.1 (quota inizio prova 19 m s.l.m.)

Profondità		Litologia	Rp	ϕ	Cu	Mo
da m	a m		kg/cm ²		kg/cm ²	kg/cm ²
0,00	-1,20	Terreno superficiale alterato e riporto	--	--	--	--
-1,20	-3,60	Sabbie e limi addensati con intercalazioni di limi argillosi	75,4	33	2,46	226,3
-3,60	-5,40	Sabbie e limi mediamente addensati con intercalazioni di limi argillosi	42,3	28	1,48	127,0
-5,40	-6,40	Limi argillosi molto consistenti	69,4	31	2,48	208,2
-6,40	-8,20	Limi argillosi consistenti con intercalazioni di limi sabbiosi	22,2	24	0,84	66,7
-8,20	-9,60	Limi argillosi molto consistenti con intercalazioni di limi sabbiosi	74,1	31	2,66	222,4
-9,60	-12,00	Sabbie e limi addensati	89,3	33	--	267,8
-12,00	-13,60	Limi sabbiosi mediamente addensati	37,0	27	1,29	111,0
-13,60	-14,20	Sabbie addensate	139,3	35	--	418,0
-14,20	-14,40	Sabbie ghiaie molto addensate	500,0	42	--	1500,0

Rp: resistenza alla punta

Cu: coesione non drenata

ϕ : angolo di attrito interno

Mo: modulo di deformazione edometrico

Sulla base dei risultati stratigrafici sopra analizzati, possiamo affermare che:

- dal punto di vista **litologico** al di sotto del terreno superficiale alterato e di riporto, dello spessore di circa 1,20 m, sono presenti depositi sabbiosi e limosi con intercalazioni di limi argillosi sino alla profondità di -9,60 m dal p.c. e sedimenti sabbiosi e limosi sino a -14,20 m dal p.c. A profondità maggiori si intercettano le sabbie e ghiaie. I terreni intercettati dalla prova eseguita corrispondono alla Formazione di Casa Poggio ai Lecci descritta ai paragrafi

- dal punto di vista **geomeccanico e geotecnico** l'indagine geognostica eseguita ha evidenziato la presenza di depositi caratterizzati da valori di resistenza medio-elevati sino a -14,20 m dal p.c. I sedimenti sabbiosi e ghiaiosi sono, invece, caratterizzati da valori di resistenza molto più elevati (500 kg/cm^2) tanto da comportare il rifiuto strumentale del penetrometro utilizzato;
- dal punto di vista **idrogeologico** nel perforo prodotto dalla prova è stato misurato un livello acquifero alla profondità -3,50 m dal p.c. attuale: tale livello è presumibilmente legato alla presenza di sabbie e limi puliti, passanti a sabbie e ghiaie, che si intercettano a partire da -9,60 m dal p.c. attuale.

I risultati ottenuti confermano quanto emerso dalle indagini geognostiche di archivio di supporto al P.S. comunale vigente e riportate in Allegato 1, prese in riferimento in quanto prossime alle aree in esame.

3.2 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio V_s è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999); tale tecnica, attraverso la registrazione delle modalità di propagazione delle onde superficiali (onde di Rayleigh), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio lungo un profilo verticale.

Lo strumento utilizzato è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4,5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh; come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

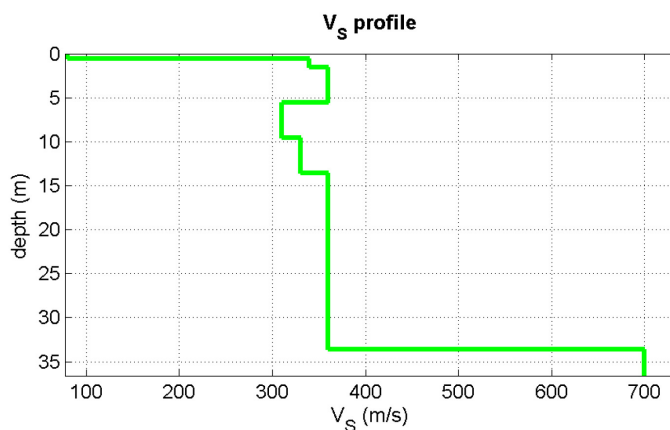
Il report dell'indagine sismica eseguita è riportato in Allegato 3.b.

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

N° geofoni	24
Interasse geofoni	2 m
Off-sets sorgente	G1: 5 m; 7m
Sorgente	Mazza da 10kg

Tab.1: configurazione indagine MASW

Nella figura sottostante vengono riportati gli spessori e le relative velocità V_s :



Sulla base di tutte le informazioni acquisite, sia di tipo geotecnico-stratigrafico che geofisico-sismico, è stato possibile fare un'analisi incrociata di tali dati al fine di ottenere una ricostruzione attendibile dell'andamento sismo-stratigrafico del sottosuolo interessato dalla Variante n.16:

- i depositi sabbiosi del pleistocene medio presentano un valore medio di Vs di circa 290 m/s nei primi 13,60 m, mentre passano ad un valore medio di 360 m/s a profondità maggiori (in accordo con i dati della prova CPT.1 che hanno rilevato un incremento di resistenza meccanica alla profondità di -14,20 m dal p.c.);
- i depositi sabbioso-ghiaiosi del Villafranchiano inferiore intercettati a partire dalla profondità compresa tra -30 e -35 m circa dal p.c., presentano per almeno 80 m di spessore valori di Vs pari a 700 m/s;
- non sono stati registrati valori di Vs superiori agli 800 m/s (come da bedrock sismico).

La velocità media delle onde di taglio e quindi la categoria sismica di suolo, è stata attribuita, oltre che sulla base dell'indagine sismica sopra indicata, utilizzando n.3 profili sismici a rifrazione elaborati con metodo tomografico corredati di prove Re.Mi. realizzate a supporto della Variante generale al Piano Strutturale attualmente vigente e denominate 2, 3 e 4 (Tav.4 ed Allegato 1); il profilo 4 era stato eseguito all'interno del territorio interessato dalla Variante n.16 al R.U.

Nella tabella seguente si riportano i valori delle Vs30 ottenuti dalle indagini sismiche indicate:

Denominazione Indagine	Valore Vs30 (m/sec)
MASW	326
2 (DI ARCHIVIO)	358
3 (DI ARCHIVIO)	345
4 (DI ARCHIVIO)	339

Tab.2: risultati indagini sismiche

L'indagine sismica MASW eseguita a supporto della Variante n.16 ha, quindi, rilevato un valore di Vs30 prossimo a quelli misurati nelle indagini sismiche di archivio 2, 3 e 4.

Ai valori indicati corrisponde una **categoria di suolo sismico di tipo C** così come indicato nella Tab.3.2.II del D.M. 17/01/2018, corrispondente a *“depositi di terreni a grana grossa mediamente ad-densati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità”*.

3.3 INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la realizzazione dell'indagine di sismica passiva HVSR è un prospettore sismico SARA “SR04 GeoBox” a 3 canali completo di geofono 3D da superficie; il report dell'indagine sismica passiva eseguita ed i risultati della sua analisi sono riportati nello *“Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1”* in Allegato 3.

I risultati ottenuti dalla misura tromometrica effettuate possono, in sintesi, essere riassunti come di seguito indicato:

HVSR: la stazione di misura ha individuato un picco con significato stratigrafico a 2,5 Hz (H/V =3,0).

4. CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ AI SENSI DEL D.P.G.R. N.53/R/2011

L'entrata in vigore del regolamento in materia di indagini geologiche, emanato con D.P.G.R. n.53/R del 25.10.2011, ha reso necessaria una revisione degli elaborati prodotti per l'area interessata dalla Variante n.16; ai sensi dell'Allegato A, Punto 4 del decreto citato sono state elaborate le cartografie relative alle pericolosità e fattibilità dell'area in oggetto in scala 1:5.000.

La zona interessata è stata caratterizzata in termini di pericolosità geologica, idraulica, sismica locale e di problematiche idrogeologiche tenendo conto degli studi redatti a supporto del Piano Strutturale comunale vigente, dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, del reticolo idrografico della Regione Toscana e dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche di archivio oltre a quelle integrative realizzate all'interno della zona di variante.

4.1 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

La Carta della Pericolosità Geologica è stata redatta secondo i criteri dell'Allegato A, Punto C1 del D.P.G.R. 53/R/2011: sebbene siano variate alcune disposizioni tecniche per la sua definizione, la pericolosità geologica viene riproposta tal quale rispetto alla pericolosità geomorfologia allegata alla variante generale al Piano Strutturale attualmente vigente. Per le caratteristiche dell'area interessata dalla presente Variante, non si riscontrano, infatti, modifiche specifiche rispetto ai criteri classificativi adottati in sede di P.S. (quindi ai sensi del D.P.G.R. n.26/R/2007).

L'area oggetto di Variante n.16 racchiude, quindi, prevalentemente porzioni di territorio interessate da **pericolosità geologica media G.2 ed elevata G.3** (Tav.7): le ultime sono relative alla presenza di orli di terrazzi quiescenti o ad aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia.

Una piccola porzione di territorio posta nella parte meridionale dell'area della Variante n.16 ricade in classe di **pericolosità geologica molto elevata G.4** poichè considerata come area di influenza relativa ai depositi eluvio-colluviali attivi rilevati a valle della Via Porto alle Lenze.

I terreni classificati a pericolosità geologica elevata G.3 ricadono prevalentemente all'interno dell'area con vincolo di inedificabilità; i terreni classificati a pericolosità geologica molto elevata G.4 ricadono completamente all'interno dell'area con vincolo di inedificabilità.

4.2 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

La Carta della Pericolosità Idraulica è stata redatta secondo i criteri dell'Allegato A, Punto C2 del D.P.G.R. 53/R/2011, tenendo conto delle classi di pericolosità indicate dal P.S. comunale vigente e dal PGRA.

La nuova cartografia ha previsto un declassamento delle porzioni di territorio che ai sensi D.P.G.R. n.26/R/2007 erano state inserite in classe di pericolosità idraulica elevata I.3 (corrispondente alle aree di fondovalle del Rio di Lischeto e del Fosso Paduletta di Staffoli poste morfologicamente in situazione sfavorevoli): considerato, infatti, che secondo gli studi idraulici del PGRA tali porzioni sono interessate da eventi con tempo di ritorno $T_r > 200$ anni (e comunque corrispondono al fondovalle allu-

vionale – Tav.5) sensi del D.P.G.R. 53/R/2011 sono da inserire in classe di pericolosità idraulica media I.2.

Non si riscontrano, invece, modifiche per le altre porzioni di territorio in variante.

All'area oggetto di variante n.16 vengono, quindi, attribuite le classi di **pericolosità idraulica bassa I.1 e media I.2** (Tav.8).

I terreni classificati a pericolosità idraulica media I.2 ricadono prevalentemente all'interno dell'area con vincolo di inedificabilità.

4.3 CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

La Carta della Aree con Problematiche Idrogeologiche è stata redatta secondo i criteri dell'Allegato A, Punto C4 del D.P.G.R. 53/R/2011, tenendo conto delle classi di vulnerabilità indicate dal P.S. comunale vigente e dei criteri distintivi indicati nell'Art.20 delle Norme del PTC provinciale, tenendo di conto oltre che della litologia e della granulometria dei livelli più superficiali, della pendenza del versante o della presenza o meno di acquiferi significativi.

Sulla base delle caratteristiche idrogeologiche sono state assegnate prevalentemente le classi di **vulnerabilità media 3a e 3b** (Tav.9) comprendenti rispettivamente le aree in cui la risorsa idrica presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia (zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità) e le aree in cui la risorsa idrica presenta un grado di protezione mediocre (zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità).

Fanno eccezione i laghi classificati a **vulnerabilità elevata 4b** in cui la risorsa idrica è esposta ad eventuali inquinanti per cui si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti.

4.4 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Per quanto riguarda la pericolosità sismica locale sono, invece, cambiati i criteri di classificazione che non si basano più sull'individuazione qualitativa degli elementi in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica attraverso la redazione della cartografia delle Zone a Maggiore Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) ai sensi del D.P.G.R. n.26/R/2007, ma sulla base di indagini di microzonazione sismica di livello 1 e sulla restituzione di una cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011.

La Carta della Pericolosità Sismica Locale è stata, quindi, redatta secondo i criteri dell'Allegato A, Punto C5 del D.P.G.R. 53/R/2011, sulla base dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 riportato in Allegato3.

Nel caso in oggetto, dall'analisi congiunta dell'indagine sismica con metodologia MASW con la misura di rumore H/V, i terreni in questione hanno evidenziato la presenza di un contrasto di impedenza significativo alla profondità di circa -30/-35 m dal p.c. ad indicare un passaggio litostratigrafico a formazioni più veloci che costituiscono un substrato sismico.

In base a quanto sopra all'area in esame è stata attribuita una classe di **pericolosità sismica locale elevata S.3** corrispondente a zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un medio-alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato entro alcune decine di metri (Tav.10).

4.5 CARTA DELLA FATTIBILITA'

La Carta della Fattibilità è stata redatta secondo i criteri dell'Allegato A, Punto 3.1 del D.P.G.R. 53/R/2011, sulla base delle situazioni di criticità dei luoghi riscontrate con le indagini effettuate ed in riferimento agli elementi geologici, idraulici e sismici che determinano tale criticità.

Nella Carta della Fattibilità sono riportate, le categorie di fattibilità relative all'intervento massimo consentito per l'area interessata dalla presente variante, in funzione delle situazioni di pericolosità geologica, idraulica e sismica locale riscontrate (Tav.11).

In linea generale la fattibilità relativa all'intervento massimo consentito corrisponde alla rispettiva classe di pericolosità geologica, idraulica e sismica locale.

4.5.1 FATTIBILITA' GEOLOGICA

All'area in Variante n.16 è stata attribuita la **classe di fattibilità geologica limitata F.4** (Tav.11) la quale si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Nelle situazioni caratterizzate da un livello di pericolosità geologica molto elevata G.4 devono essere rispettate le vigenti normative in materia con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 17/01/2018 ed al D.P.G.R. n.36/R/2009 ed è necessario rispettare i seguenti criteri generali impartiti dalla 53/R/2011:

a) non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture che non siano subordinati alla preventiva esecuzione di interventi di consolidamento, bonifica, protezione e sistemazione;

b) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono essere comunque tali da:

- non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
- non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;
- consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;

c) in presenza di interventi di messa in sicurezza devono essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;

d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza sono da certificare;

e) relativamente agli interventi per i quali sia dimostrato il non aggravio delle condizioni di instabilità dell'area, nel titolo abilitativo all'attività edilizia è dato atto della sussistenza dei seguenti criteri:

- previsione, ove necessario, di interventi mirati a tutelare la pubblica incolumità, a ridurre la vulnerabilità delle opere esposte mediante consolidamento o misure di protezione delle strutture per ridurre l'entità di danneggiamento;
- installazione di sistemi di monitoraggio per tenere sotto controllo l'evoluzione del fenomeno.

In ogni caso, come già indicato ai paragrafi precedenti, si fa presente che i terreni classificati a pericolosità geologica molto elevata G.4 ricadono completamente all'interno dell'area con vincolo di inedificabilità.

Nelle situazioni caratterizzate da un livello di pericolosità geologica elevata G.3 devono essere rispettate le vigenti normative in materia con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 17/01/2018 ed al D.P.G.R. n.36/R del 09.07.2009 ed è necessario rispettare i seguenti criteri generali impartiti dal D.P.G.R. 53/R/2011:

a) la realizzazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva o contestuale realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;

b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono comunque essere tali da:

- non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
- non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni;
- consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;

c) in presenza di interventi di messa in sicurezza sono predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;

d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, sono certificati;

e) possono essere realizzati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel titolo abilitativo all'attività edilizia.

Inoltre, per le condizioni di criticità geologica elevata G.3 e molto elevata G.4, si ribadiscono le direttive già definite nel vigente Piano Strutturale:

- è da evitare la realizzazione di sbancamenti e riporti consistenti;
- è da evitare la realizzazione di laghetti per l'accumulo di acqua;
- la realizzazione di smaltimenti di liquami per subirrigazione, di fertirrigazioni e di spandimenti di acque vegetative dovrà essere opportunamente motivata e sostenuta da uno studio geomorfologico di dettaglio;
- gli interventi strutturali di tipo conservativo devono essere finalizzati anche alla eliminazione o mitigazione del livello di rischio accertato ed assicurare il massimo ottenibile consolidamento e la più efficace messa in sicurezza;
- la possibilità di realizzare nuovi interventi è subordinata alle condizioni poste da una verifica puntuale della pericolosità e da un progetto sulla mitigazione dello stato di rischio accertato;
- gli interventi sul territorio che modifichino l'assetto originario dei luoghi (riporti e sbancamenti, viabilità in rilevato, piazzali, etc.), devono essere supportati da studi di approfondimento del

contesto geomorfologico dell'area in oggetto che entrino nel merito degli effetti di tali trasformazioni sui territori circostanti;

- al fine di contenere e/o ridurre l'erosione superficiale delle zone coltivate, sono da evitare disposizioni di uliveti, frutteti e vigneti con linee di drenaggio a rittochino, favorendo la realizzazione di impianti di nuove colture e di nuove affossature disposte secondo direttrici a bassa pendenza. Ciò per ridurre l'energia delle acque superficiali, il ruscellamento superficiale ed il trasporto solido delle acque incanalate;
- qualunque intervento che modifichi l'assetto originario del reticolo idrografico minore dovrà essere supportato da uno studio che verifichi la funzionalità del sistema drenante nelle condizioni attuali e con le modifiche previste. L'indagine dovrà essere estesa all'area scolante attraverso un rilievo di dettaglio del reticolo idrografico minore, in modo da definire i rapporti gerarchici tra le varie linee di drenaggio delle acque superficiali. Anche i tombamenti, di ogni dimensione e lunghezza, in aree urbane o agricole, dovranno essere opportunamente dimensionati e supportati da apposito progetto, che dimostri la funzionalità dell'opera;
- sono da incentivare il mantenimento, la manutenzione ed il ripristino delle opere di sistemazione idraulico agraria di presidio, tipiche degli assetti agricoli storici quali: muretti, terrazzamenti, gradonamenti, canalizzazione delle acque selvagge, drenaggi, ecc;
- è da incentivare l'inerbimento permanente, evitando il pascolo, nelle zone limitrofe le aree calanchive;
- è da incentivare il mantenimento di una fascia di rispetto a terreno saldo dal ciglio superiore della scarpata a monte e dal ciglio inferiore della scarpata a valle della sede stradale;
- è da incentivare il mantenimento di una fascia di rispetto a terreno saldo in adiacenza della rete di regimazione delle acque nonché il mantenimento, lungo la viabilità podereale, i sentieri, le mulattiere e le carrarecce, delle cunette, dei taglia-acque e di opere simili al fine di evitare la loro trasformazione in collettori di acque superficiali.

Nelle situazioni caratterizzate da un livello di pericolosità geologica media G.2 le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini geologiche da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area. La consistenza di tali indagini dovrà essere comparata all'entità degli interventi edilizi ai sensi delle NTC 2018 e del 36/R/2009, sia per la definizione delle caratteristiche geotecniche che per le verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio da produrre.

RISPETTO DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I. – D.P.C.M. 06/05/05

La zona oggetto di Variante n.16 è, inserita prevalentemente tra le aree classificate a pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante media PF.2 del D.P.C.M. 06/05/05 (PAI-Autorità di Bacino F.Arno – Tav.6): nelle situazioni caratterizzate da tale livello di pericolosità è consentita ogni tipologia di intervento prevista dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze. Nelle aree P.F.2 si persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predi-

sposizione prioritaria da parte degli enti competenti ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n.225 di programmi di previsione e prevenzione.

4.5.2 FATTIBILITA' IDRAULICA

All'area in Variante n.16 è stata attribuita la **classe di fattibilità idraulica con normali vincoli F.2** (Tav.11) la quale si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica media I.2, per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture non sono dettate particolari condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico. Qualora si voglia perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, possono essere indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravii di pericolosità in altre aree.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica bassa I.1 non sono necessarie specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

RISPETTO DEL P.G.R.A. - Del.C.I. n.235 del 03/03/2016

Le aree di fondovalle del Rio di Lischeto e del Fosso Paduletta di Staffoli, che si immettono nel Rio dei Ponticelli poco più a Nord, ricadono in classe di pericolosità da alluvione bassa P.1 del PGRA approvato con Del.C.I. n.235 del 03/03/2016 (Tav.5): in tale classe ricadono le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $T_r > 200$ anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Ai sensi dell'Art.11 della Disciplina di Piano in tali aree sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio; la Regione disciplina le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P.1

RISPETTO DELLA L.R. n.21/2012

Secondo quanto dettato all'Art.1 della L.R. n.21/2012 *“non sono consentite nuove edificazioni, la realizzazione di manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nella aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua”* del reticolo idrografico di cui all'Art.22, comma 2, lettera e), della L.R. n.79 del 27/12/2012” (e successive modifiche).

La Variante n.16 deve, pertanto, rispettare il limite di inedificabilità entro i dieci metri di larghezza dal ciglio di sponda del reticolo idrografico censito (Fosso Paduletta di Staffoli che corre lungo la Via Carlo Marx) e quant'altro dettato all'Art.1 della L.R. n.21/2012.

4.5.3 FATTIBILITA' SIMSICA

All'area in Variante n.16 è stata attribuita la **classe di fattibilità sismica condizionata F.3** (Tav.11) la quale si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata S.3 in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi, sono valutati i seguenti aspetti:

a) nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica, sono realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell'azione sismica. Si consiglia l'utilizzo di metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello 2D del sottosuolo al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo. E' opportuno che tali indagini siano tarate mediante prove geognostiche dirette con prelievo di campioni su cui effettuare la determinazione dei parametri di rottura anche in condizioni dinamiche e cicliche. Tali indagini sono in ogni caso da rapportare al tipo di verifica (analisi pseudostatica o analisi dinamica), all'importanza dell'opera e al meccanismo del movimento del corpo franoso;

b) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti;

c) per i terreni soggetti a liquefazione dinamica, per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni;

d) in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse e in presenza di aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, è realizzata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica; è opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche dirette;

e) nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, è realizzata una campagna di indagini geofisiche (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico. Nelle zone di bordo della valle, per quanto attiene alla caratterizzazione geofisica, è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo (sismica a rifrazione/riflessione) orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico e/o sismico.

4.5.4 FATTIBILITA' PER PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Nei casi in cui la destinazione prevista possa incrementare una situazione di squilibrio in atto della risorsa idrica o generare situazioni di criticità, la sua attuazione è subordinata alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di eliminazione o mitigazione dello stato di rischio accertato o potenziale, tenuto conto della natura della trasformazione e delle attività ivi previste.

L'attuazione può essere anche condizionata al rispetto di specifiche prescrizioni tese contenere i possibili rischi d'inquinamento.

I riferimenti normativi relativi a queste classi di vulnerabilità idrogeologica sono contenuti nelle norme del P.T.C. provinciale a cui si rimanda.

Anche per gli aspetti legati alla vulnerabilità idrogeologica si stabiliscono alcune limitazioni alla trasformabilità già contenute nel vigente P.S.

Nelle zone con vulnerabilità elevata, corrispondente alle classi 3 e 4, per le quali è riconosciuta un'elevata esposizione al rischio della risorsa idrica, sono da evitare:

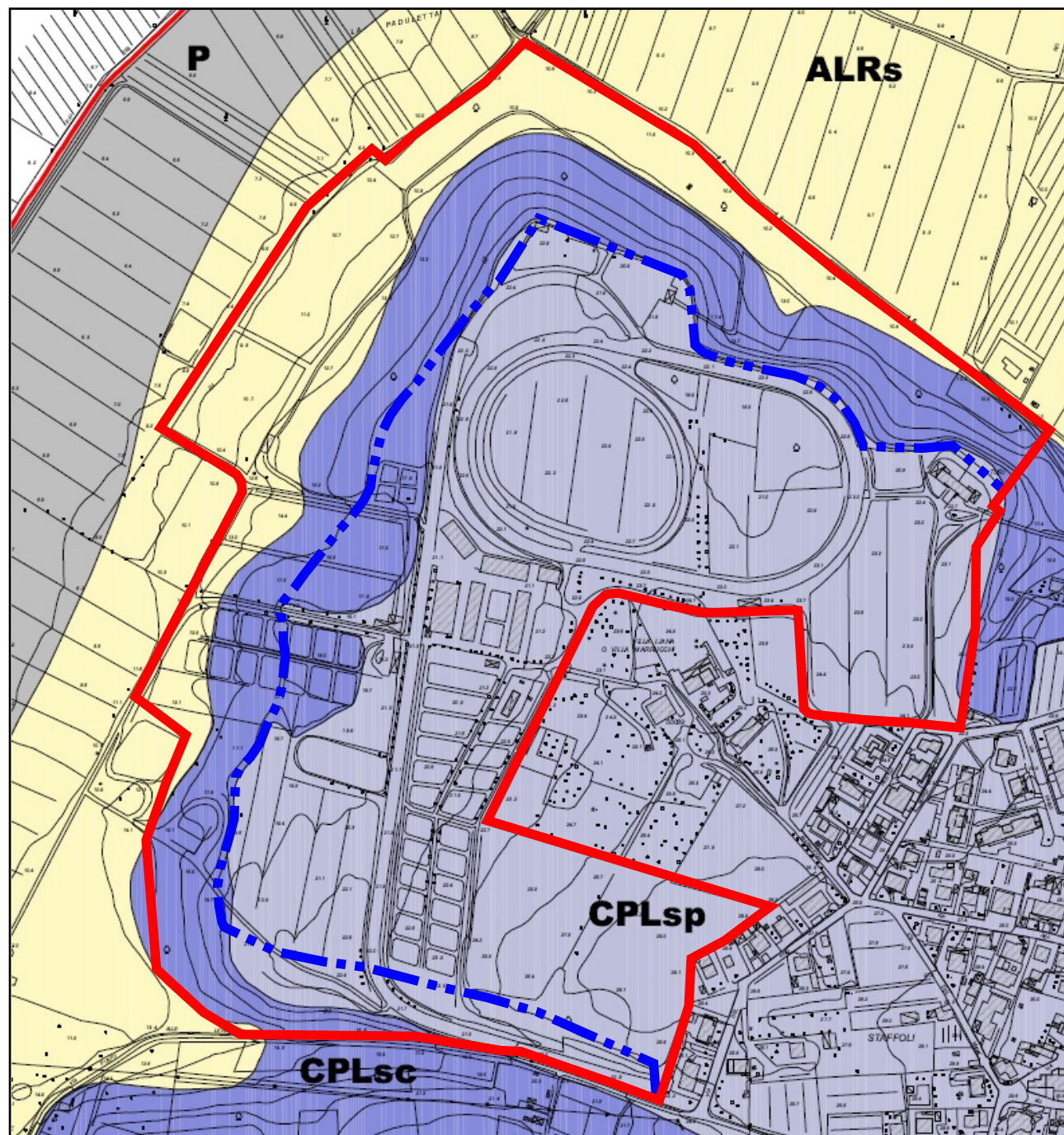
a) tutte le attività vietate dal D.Lgs 152/99 relativo a "Disposizioni di tutela delle acque dall'inquinamento"

Per quanto riguarda la vulnerabilità degli acquiferi in termini di disponibilità della risorsa idrica del sottosuolo finalizzata ai prelievi per uso idropotabile e non, si rimanda agli elaborati cartografici ed alle relative misure di piano del Progetto di Piano di Bacino Stralcio "Bilancio Idrico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n 204 del 28 febbraio 2008.

Empoli, 1707/2018

Geol. Annalisa Masoni





Carta Geologica

- OSan = Orlo di scarpata antropica quiescente
- OSfl = Orlo di scarpata fluviale quiescente
- OSfr = Orlo di scarpata di frana quiescente
- OT = Orlo di terrazzo quiescente
- Src = Solco da ruscellamento concentrato attivo
- Corsi d'acqua principali attivi
- A = Arginature e/o sponde dei corsi d'acqua principali
- Corpo d'acqua attivo
- CFpai = Corpo di frana (PAI 25k) attivo
- CFs = Corpo di frana (scorrimento) attivo
- CFs = Corpo di frana (scorrimento) quiescente
- EC = Depositi eluvio-colluviali attivi
- Rd = Ruscellamento diffuso attivo
- All = Area con indizi di instabilità connessi alla litologia ed all'attività quiescente
- Sp = Spianata antropica quiescente
- P = Traccia di alveo fluviale abbandonato (paleoalveo) inattivo

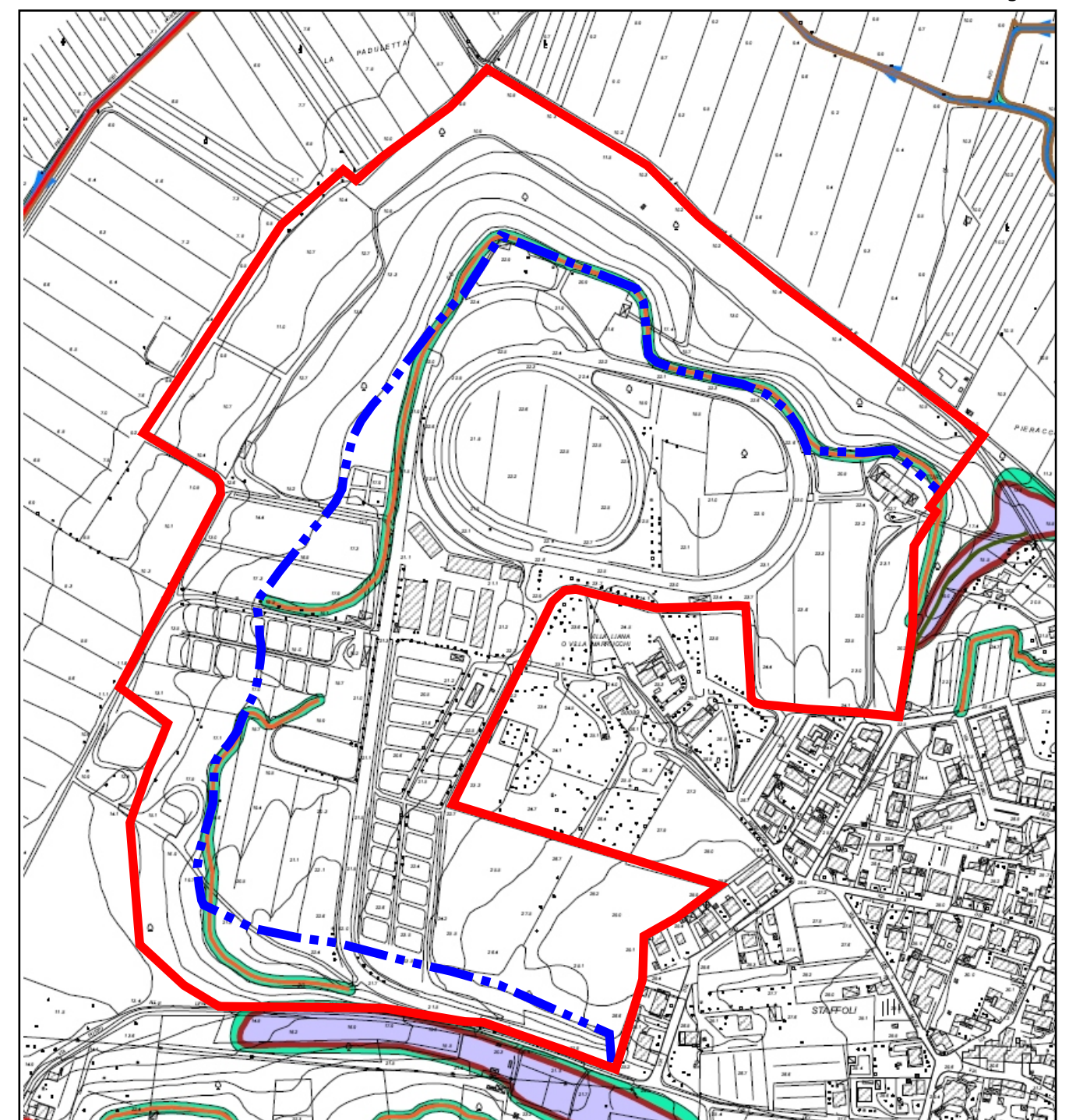
Aree con particolari problematiche di dissesto attivo e/o quiescente all'interno delle UTOE:

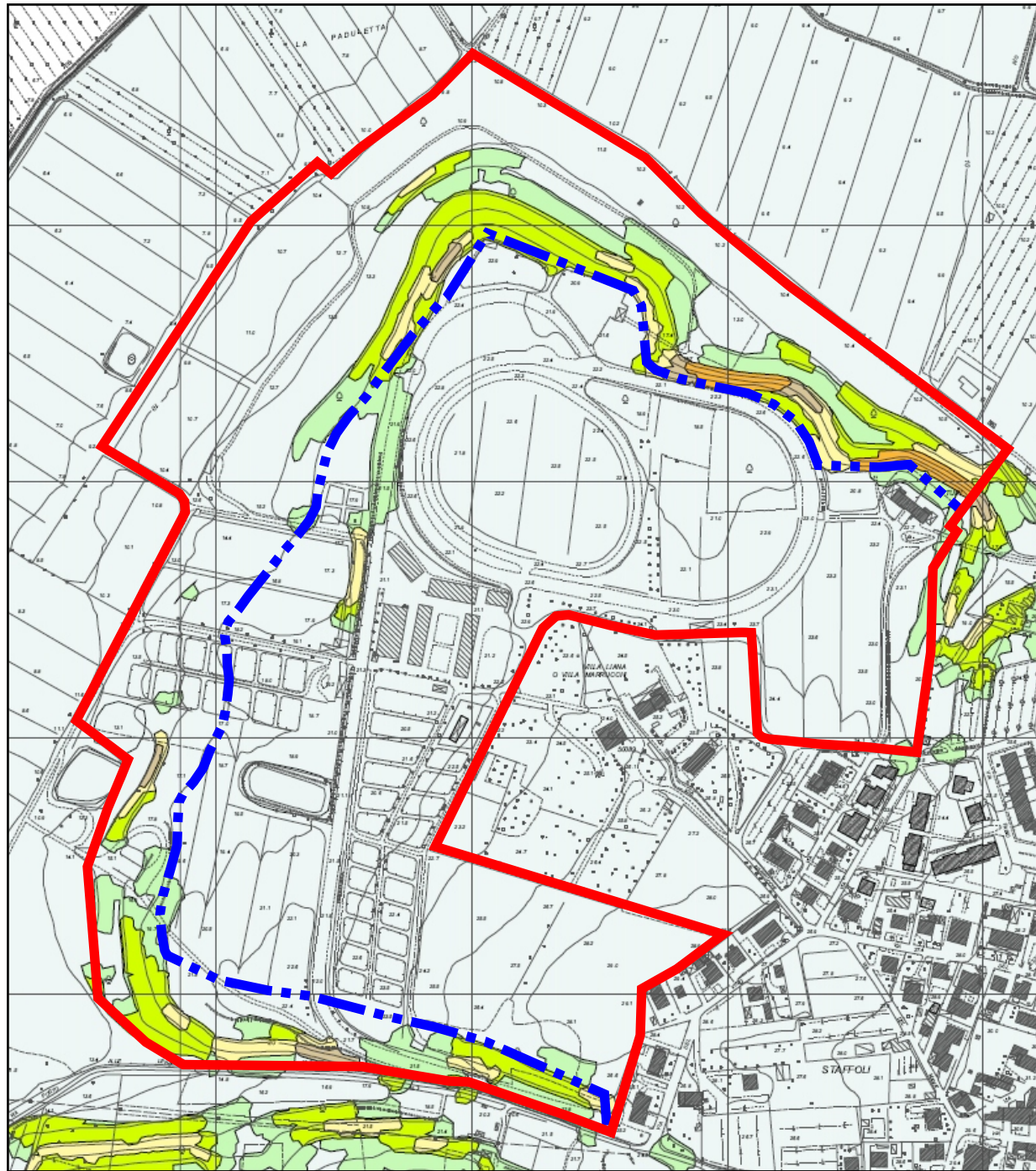
- Zona 1 - area in dissesto
- Zona 2 - area di influenza

TAV.1
Stralci "Variante Piano strutturale Comune Santa Croce sull'Arno"
Scala 1:5.000

- perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.
- delimitazione area con vincolo di inedificabilità

Carta Geomorfologica



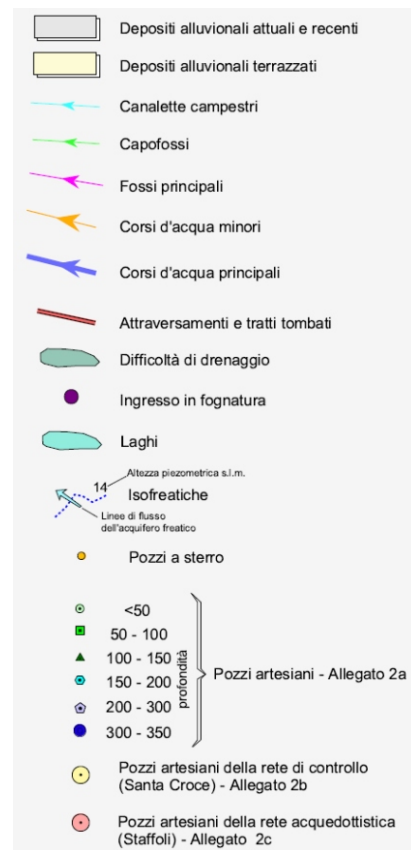
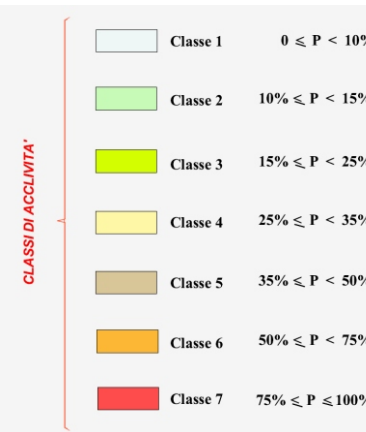


Carta dell'Acclività

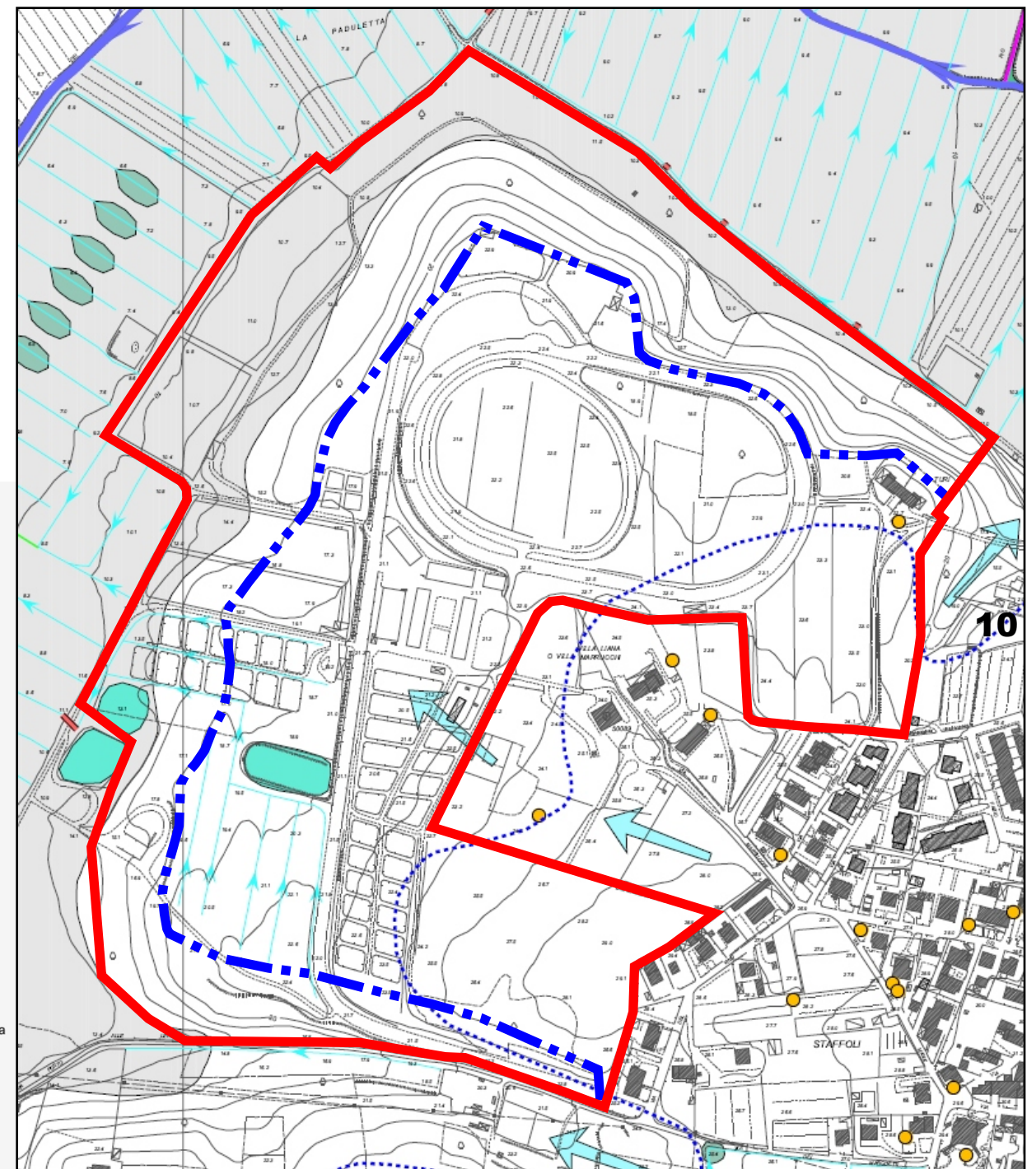
TAV.2
Stralci "Variante Piano strutturale Comune Santa Croce sull'Arno"
 Scala 1:5.000

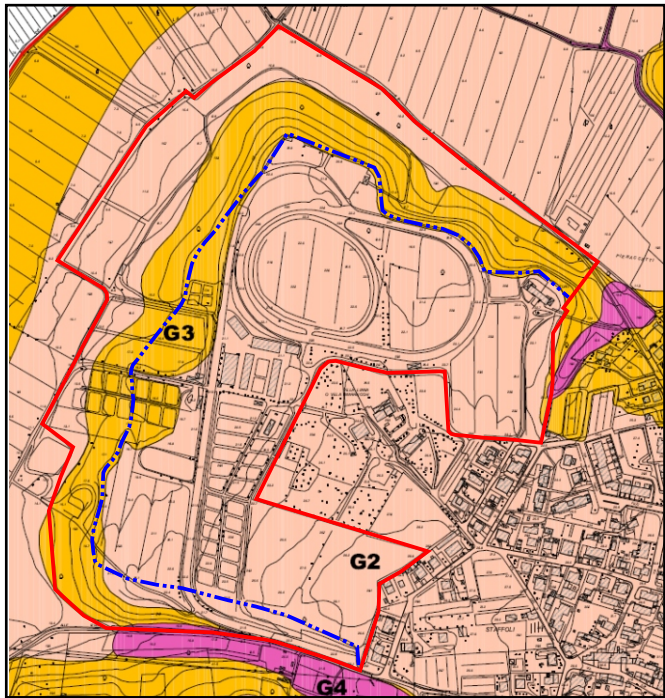
perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

- - - - delimitazione area con vincolo di inedificabilità



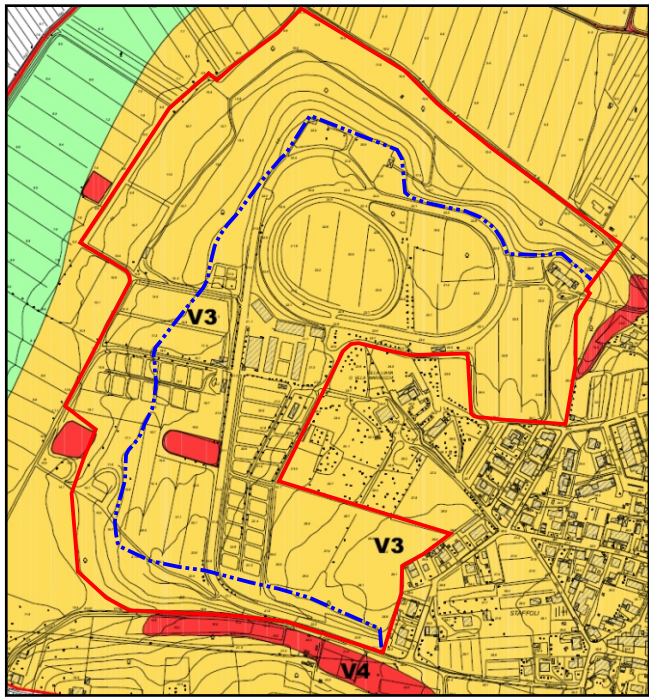
Carta Idrogeologica e del Reticolo Idraulico





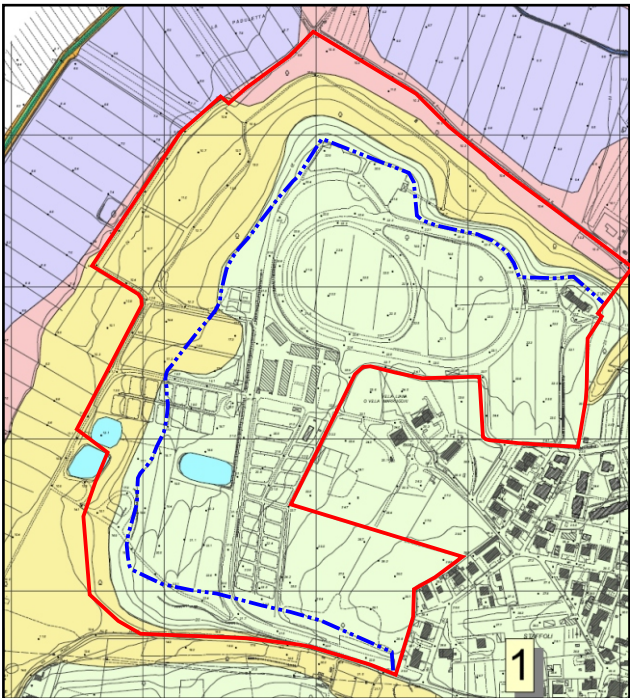
Carta delle Pericolosità Geomorfologica
ai sensi del D.P.G.R. n.26/R

- G.1 - Pericolosità geomorfologia bassa**
[aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa]
- G.2 - Pericolosità geomorfologia media**
[aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto]
- G.3 - Pericolosità geomorfologia elevata**
[aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza]
- G.4 - Pericolosità geomorfologia molto elevata**
[aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza]



Carta delle Aree con
Problematiche Idrogeologiche

- AREE A VULNERABILITA' DELLA RISORSA IDRICA**
(in riferimento al P.T.C. della Provincia di Pisa approvato con D.C.P. n.100 del 27/07/2006)
- V.2 - Aree a bassa vulnerabilità della risorsa idrica**
[aree in cui la risorsa idrica è apparentemente non vulnerabile]
- V.3 - Aree a media vulnerabilità della risorsa idrica**
[aree in cui la risorsa idrica presenta un grado di protezione mediocre e non sufficiente a garantirne la salvaguardia]
- V.4 - Aree ad elevata vulnerabilità della risorsa idrica**
[aree in cui la risorsa idrica è esposta ovvero si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti]



Carta delle Pericolosità Idraulica
ai sensi del D.P.G.R. n.26/R

(I.4) - PERICOLOSITA' IDRAULICA MOLTO ELEVATA

- Aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contestualmente entrambe le condizioni:
a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a ml. 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

(I.3) - PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA

- Aree di fondovalle per le quali ricorre almeno una delle seguenti condizioni:
a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a ml. 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

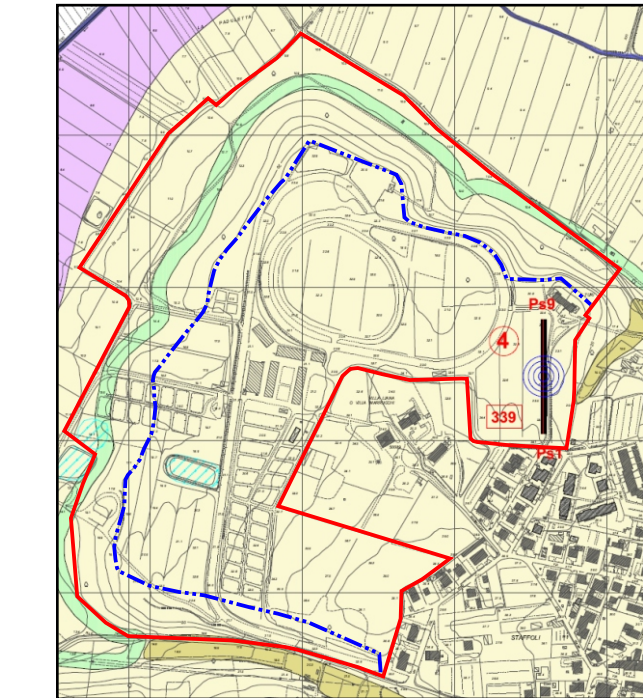
(I.2) - PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA

- Aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

(I.1) - PERICOLOSITA' IDRAULICA BASSA

- Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
b) sono in situazione favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

- Corsi d'acqua principali**
- Argini**
- Laghi**



Carta delle Zone a Maggiore
Pericolosità Sismica Locale
ai sensi del D.P.G.R. n.26/R

Zona sismica di riferimento <i>Delibera GRT. 431 del 19/06/2006 3S</i>		GRADO DI PERICOLOSITA' SISMICA
SIMBOLOGIA	TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI	
(1)	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	S4
(2A)	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	S3
(2B)	Zona potenzialmente franose	S3
(4)	Zona con terreni particolarmente scadenti	S3
(8)	Zona di bordo della valle e di raccordo con il versante	S3
(9)	Zona con presenza di depositi alluvionali e di depositi del ciclo stratigrafico plio-pleistocenico (complesso neoaotoceno)	S3
(10)	Zona con presenza di coperture colluviali	S3

POSSIBILI EFFETTI	
(1)	ACCENTUAZIONE DEI FENOMENI DI INSTABILITA' IN ATTO
(2A)	E POTENZIALI DOVUTI AD EFFETTI DINAMICI QUALI POSSONO VERIFICARSI IN OCCASIONE DI EVENTI SISMICI
(2B)	
(4)	CEDIMENTI DIFFUSI
(8)	AMPLIFICAZIONE SISMICA DOVUTA A MORFOLOGIE SEPOLTE
(9)	AMPLIFICAZIONE DIFFUSA DEL MOTO DEL SUOLO DOVUTA A FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA
(10)	

TAV.3
Stralci "Variante Piano strutturale
Comune Santa Croce sull'Arno"
Scala 1.10.000

perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

delimitazione area con vincolo di inedificabilità

TAV.4

Stralci "Variante Piano strutturale Comune Santa Croce sull'Arno"

Scala 1:5.000

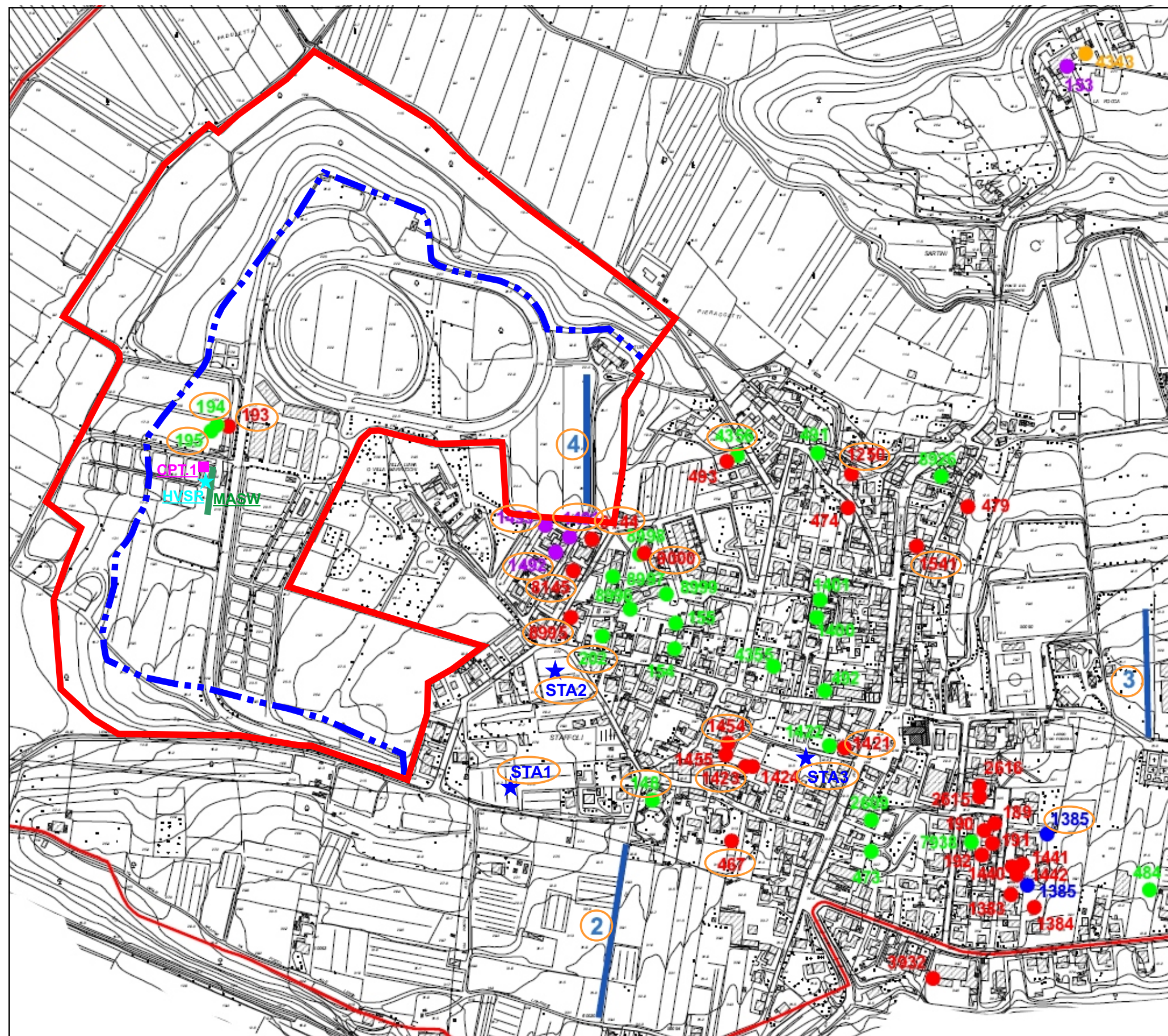
 perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

 delimitazione area con vincolo di inedificabilità

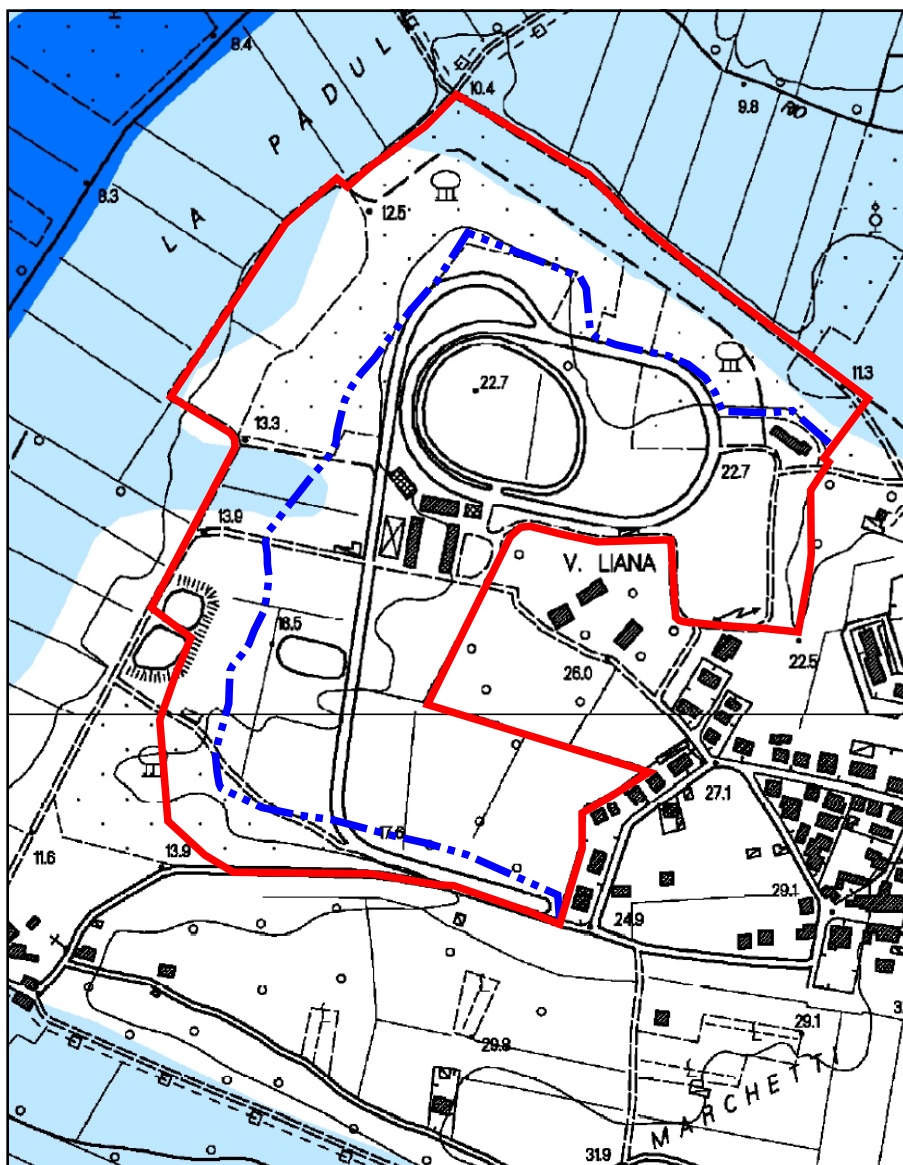
-  SG = Saggio geognostico e suo numero d'ordine
-  S = Sondaggio a carotaggio continuo e suo numero d'ordine
-  CPT = Prova penetrometrica statica e suo numero d'ordine
-  DP = Prova penetrometrica dinamica e suo numero d'ordine
-  PDL = Prova dilatometrica e suo numero d'ordine
-  PSR = Profilo sismico a rifrazione e suo numero d'ordine
-  Traccia di profilo sismico a rifrazione e suo numero d'ordine (eseguito a supporto del presente studio)
-  indagine geofisica in sismica passiva e sua sigla (estratta da Variante n.10 al R.U)
-  indagini geognostiche e geofisiche di archivio utilizzate

Indagini geognostiche e geofisiche integrative

-  CPT.1 prova penetrometrica statica
-  MASW indagine geofisica con metodologia MASW
-  HVSR indagine geofisica in sismica passiva HVSR



Carta dei Dati di Base

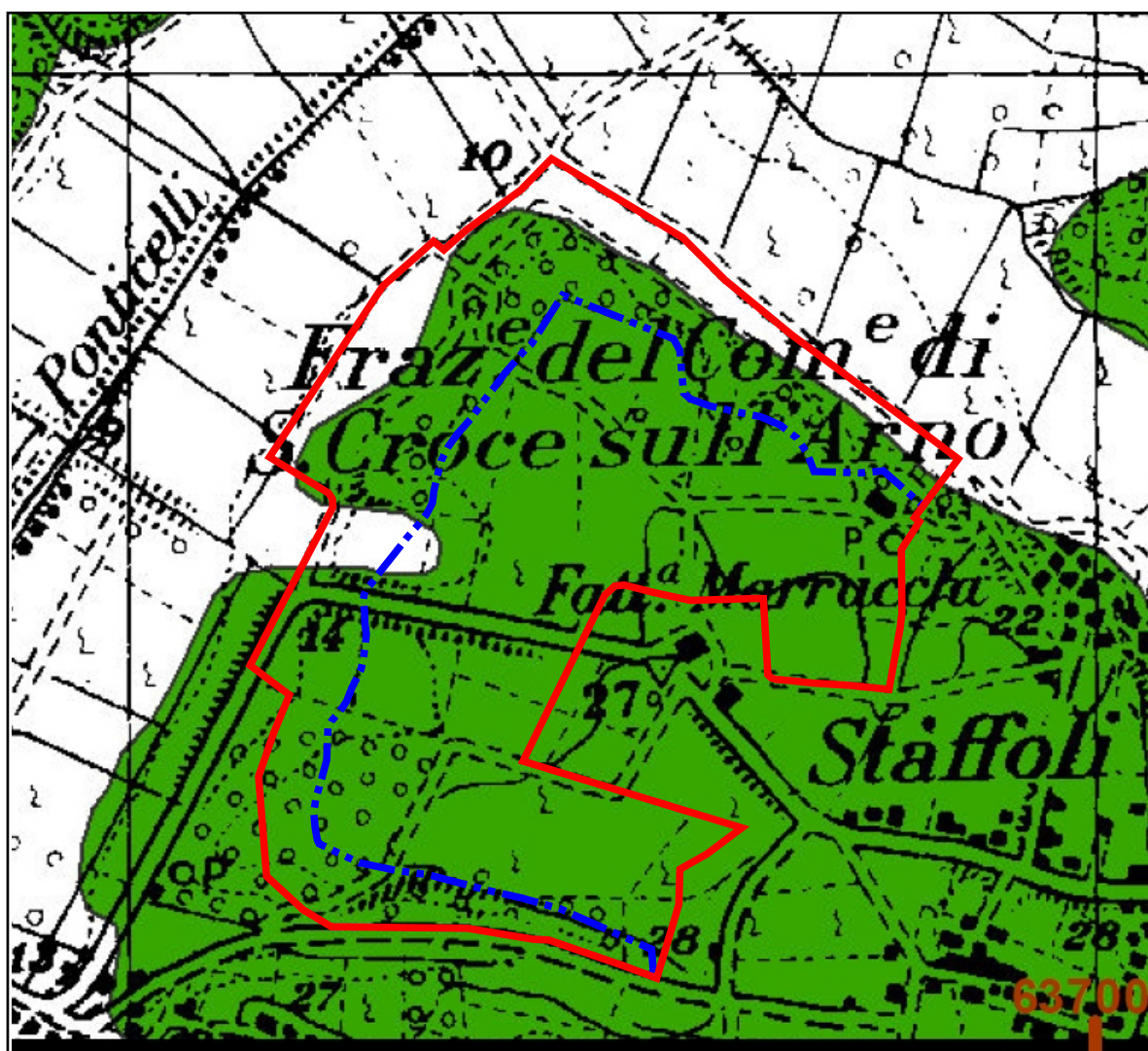


TAV.5
Carta della Pericolosità Idraulica
Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA
Autorità di Bacino del Fiume Arno
Bacino Basso Valdarno
 Stralci n.288-322

perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

- - - delimitazione area con vincolo di inedificabilità

P1 **P2** **P3**



TAV.6

Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante
Livello di sintesi in Scala 1:25.000

D.P.C.M. 06/05/2005 (P.A.I.-Autorità di Bacino F.Arno)

Stralci n.48

perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

- - - - delimitazione area con vincolo di inedificabilità

P.F.3 **P.F.2** **P.F.1**

TAV.7

Carta della Pericolosità Geologica

Scala 1:5.000

LEGENDA

CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011

 perimetrazione area oggetto
di Variante n.16 al R.U.

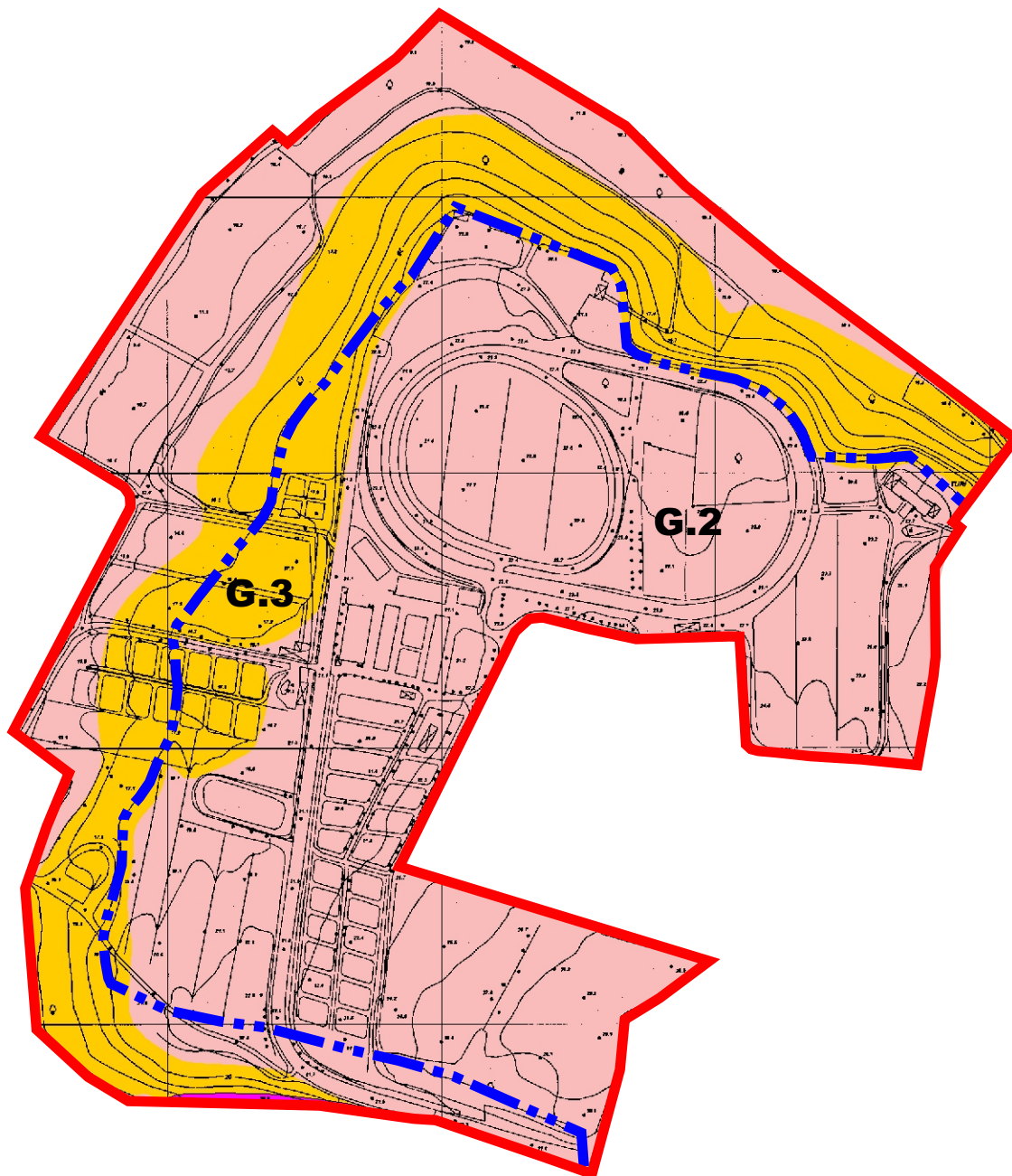
 delimitazione area con
vincolo di inedificabilità

 **G.1 PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA**
Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche
litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti
al verificarsi di processi morfoevolutivi

 **G.2 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA**
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e
stabilizzati (naturalmente o artificialmente);
aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture
dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;
corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%

 **G.3 PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA**
Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti;
aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla
presenza di acque superficiali e sotterranee,
Nonché a processi di degrado di carattere antropico;
aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza;
aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche;
corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%

 **G.4 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA**
Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza;
aree interessate da soliflussi



TAV.8

Carta della Pericolosità Idraulica

Scala 1:5.000

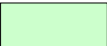
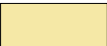
LEGENDA

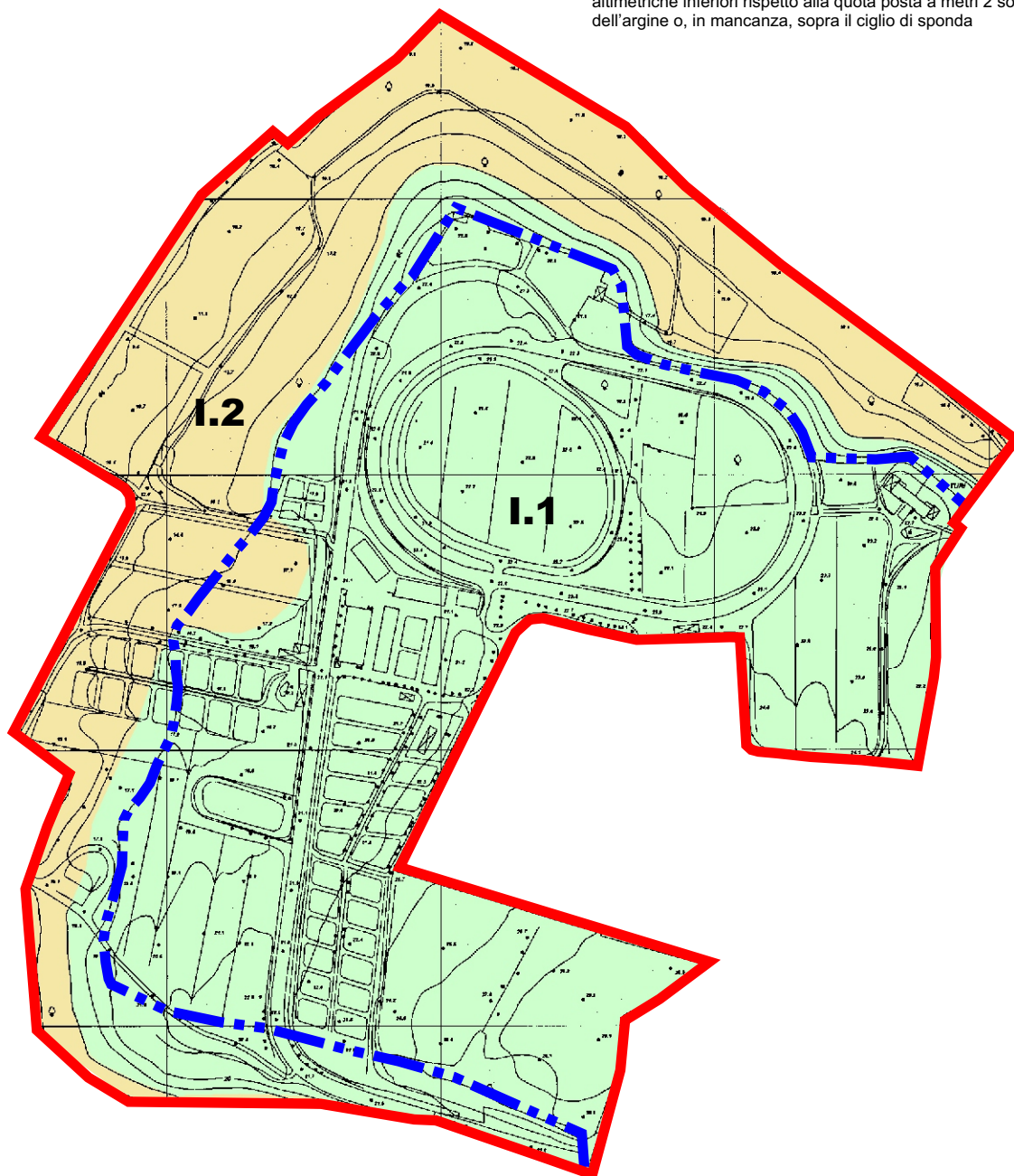
CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

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

 perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

 delimitazione area con vincolo di inedificabilità

-  **I.1 PERICOLOSITA' IDRAULICA BASSA**
Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
b) sono in situazione favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda
-  **I.2 PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA**
Aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda
-  **I.3 PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA**
Aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:
a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda
-  **I.4 PERICOLOSITA' IDRAULICA MOLTO ELEVATA**
Aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contestualmente le seguenti condizioni:
a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda



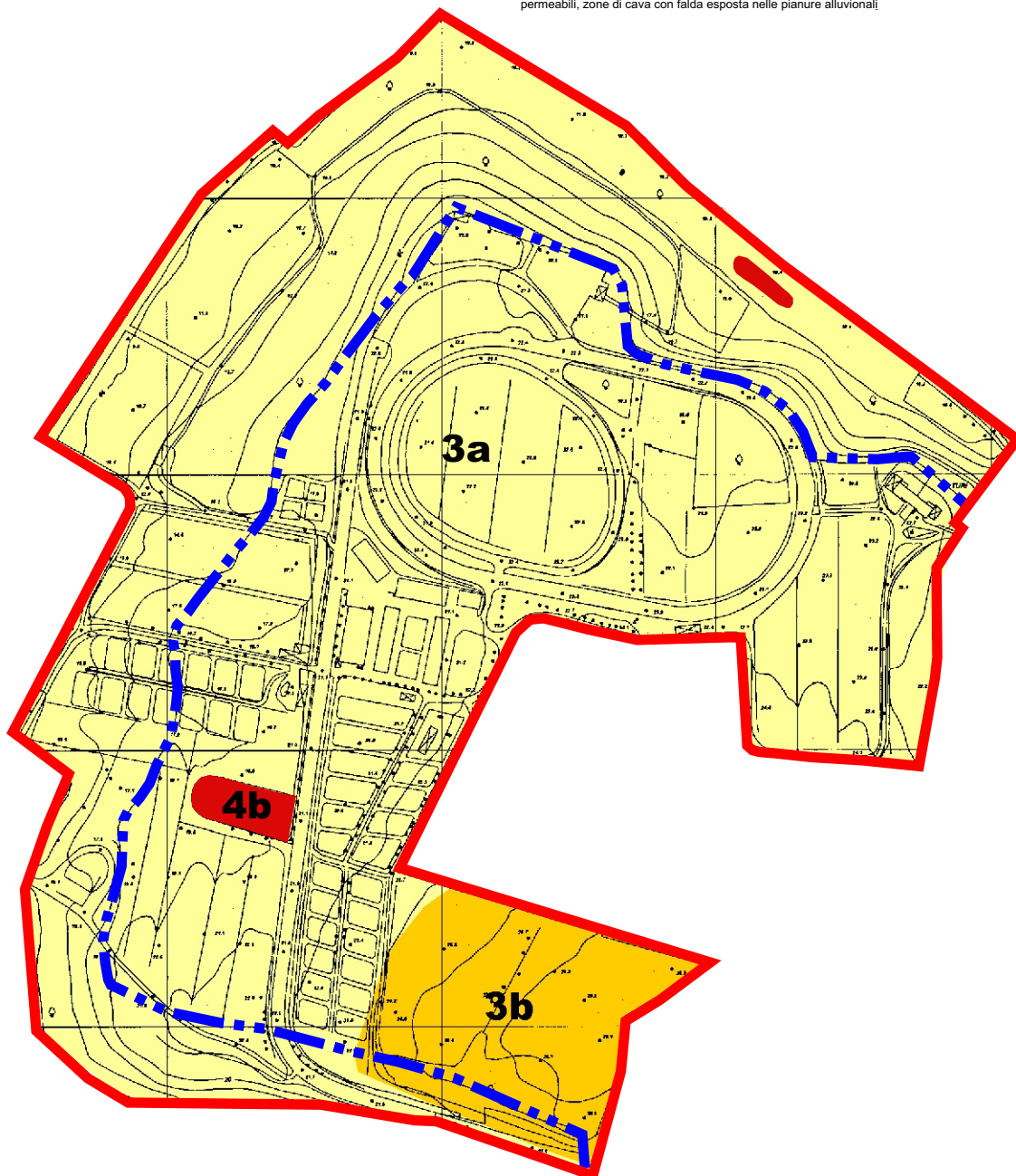
TAV.9
Carta delle aree
con Problematiche Idrogeologiche
 Scala 1:5.000

LEGENDA
CLASSI DI VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA
(in riferimento al P.T.C della provincia di Pisa)

-  **Classe 1 - vulnerabilità irrilevante:** riguarda le aree in cui la risorsa idrica considerata non è presente, essendo i terreni praticamente privi di circolazione idrica sotterranea, per cui gli eventuali inquinanti raggiungono direttamente le vicine acque superficiali o ristagnano sul terreno; in essa ricadono a esempio i complessi marnosi e argillosi e alcuni complessi sedimentari metamorfosati
-  **Classe 2 - vulnerabilità bassa:** corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile, in base a considerazioni riguardanti la natura degli eventuali acquiferi e quella dei terreni di copertura, ma per cui permangono margini di incertezza dovuti a diversi fattori, quali la scarsa disponibilità di dati, la non precisa definibilità delle connessioni idrogeologiche, e simili; corrisponde altresì a situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a 30 giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità non completamente definiti su base idrogeologica, terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20 per cento o con piezometria media profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argilloso-sabbiose
- Classe 3 - vulnerabilità media:**
Sottoclasse 3a: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantire la salvaguardia; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna, da falde idriche in materiali a medio-bassa permeabilità con piezometria depressa per cause naturali, da falde idriche spesso sospese attestata in terrazzi alluvionali non direttamente connessi con gli acquiferi principali ovvero in estesi corpi detritici pedocollinari, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e le zone interessate da falde freatiche attestata in complessi detritici sufficientemente estesi o con evidenze di circolazione idrica;
Sottoclasse 3b: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili
- Classe 4 - vulnerabilità elevata:**
Sottoclasse 4a: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione insufficiente; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 1 e 7 giorni, quali quelle di ricarica di acquiferi confinati a media permeabilità, quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali molto permeabili con falda prossima al piano campagna, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie molto permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi altamente permeabili, le zone di affioramento di terreni sciolti a permeabilità elevata con sufficiente estensione e ricarica, le zone di infiltrazione in terreni a permeabilità medio-alta, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie mediamente permeabili
Sottoclasse 4b: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è esposta, cioè in cui si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti; in essa ricadono zone di ricarica di acquiferi confinati ad alta permeabilità, zone di alveo o di golena morfologicamente depresse nelle quali la falda è esposta o protetta soltanto da esigui spessori di sedimenti, zone nelle quali, per cause naturali o per azioni antropiche, si verifica un'alimentazione indotta con acque facilmente contaminabili delle falde freatiche o semiconfinata, zone interessate da rete acquifera in materiali carbonatici a carsismo completo ed altamente sviluppato, zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie molto permeabili, zone di cava con falda esposta nelle pianure alluvionali

 perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

 delimitazione area con vincolo di inedificabilità



TAV.10

Carta della Pericolosità Sismica Locale

Scala 1:5.000

 perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

 delimitazione area con vincolo di inedificabilità

LEGENDA

CLASSI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011



S.1 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE BASSA

Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica



S.2 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA

Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)



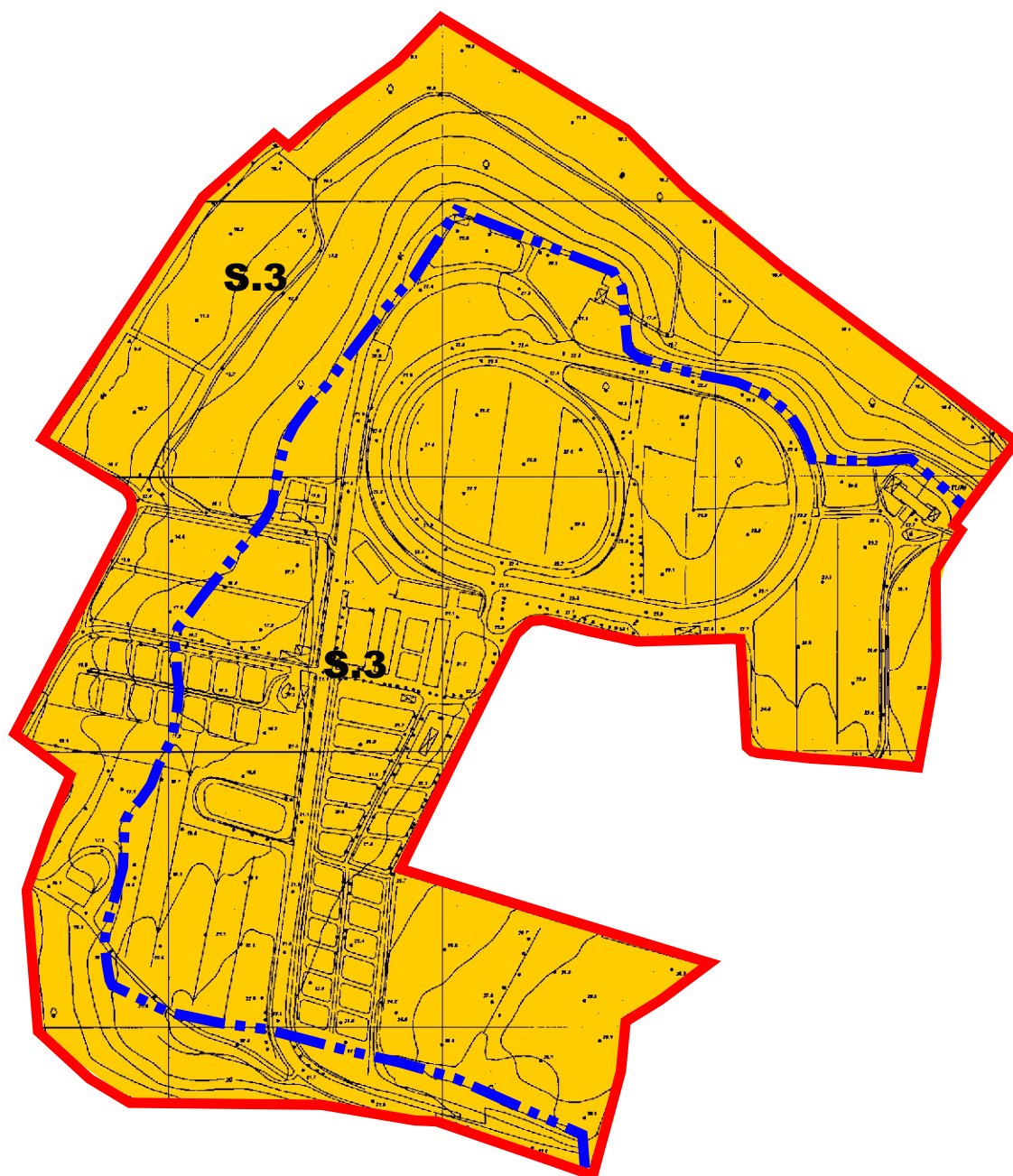
S.3 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE ELEVATA

Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri



S.4 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MOLTO ELEVATA

Zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2



CATEGORIA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA
ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011

TAV.11

Carta della Fattibilità

Scala 1:5.000

F1 - Fattibilità senza particolari limitazioni:

si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia

F2- Fattibilità con normali vincoli:

si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia

F3 - Fattibilità condizionata:

si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi

F4 - Fattibilità limitata:

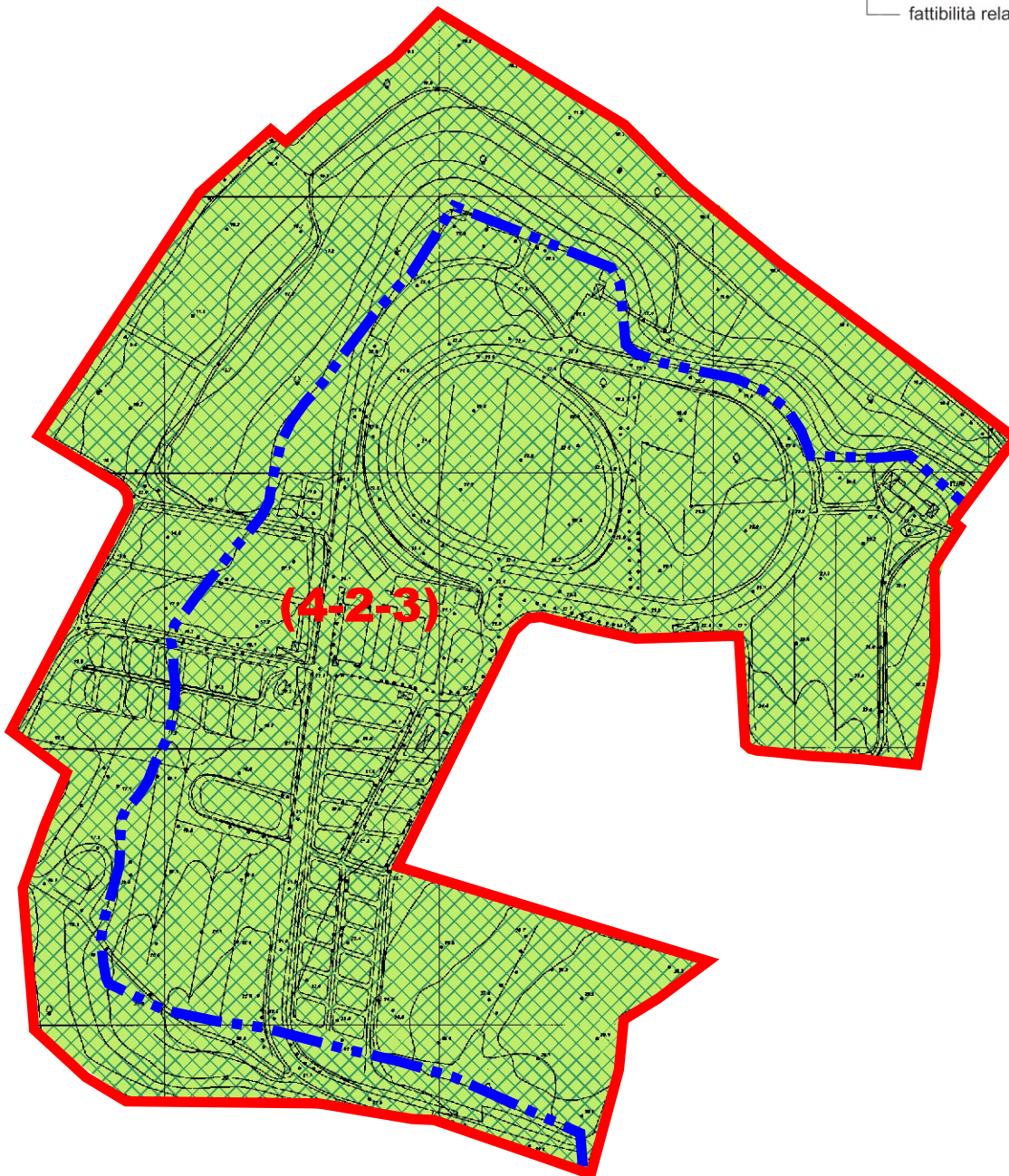
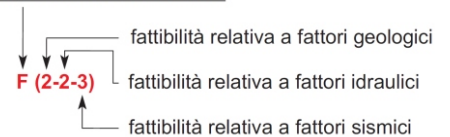
si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

 perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

 delimitazione area con vincolo di inedificabilità

 **isp** impianti sportivi privati

Classi F di Fattibilità massima



ALLEGATO 1

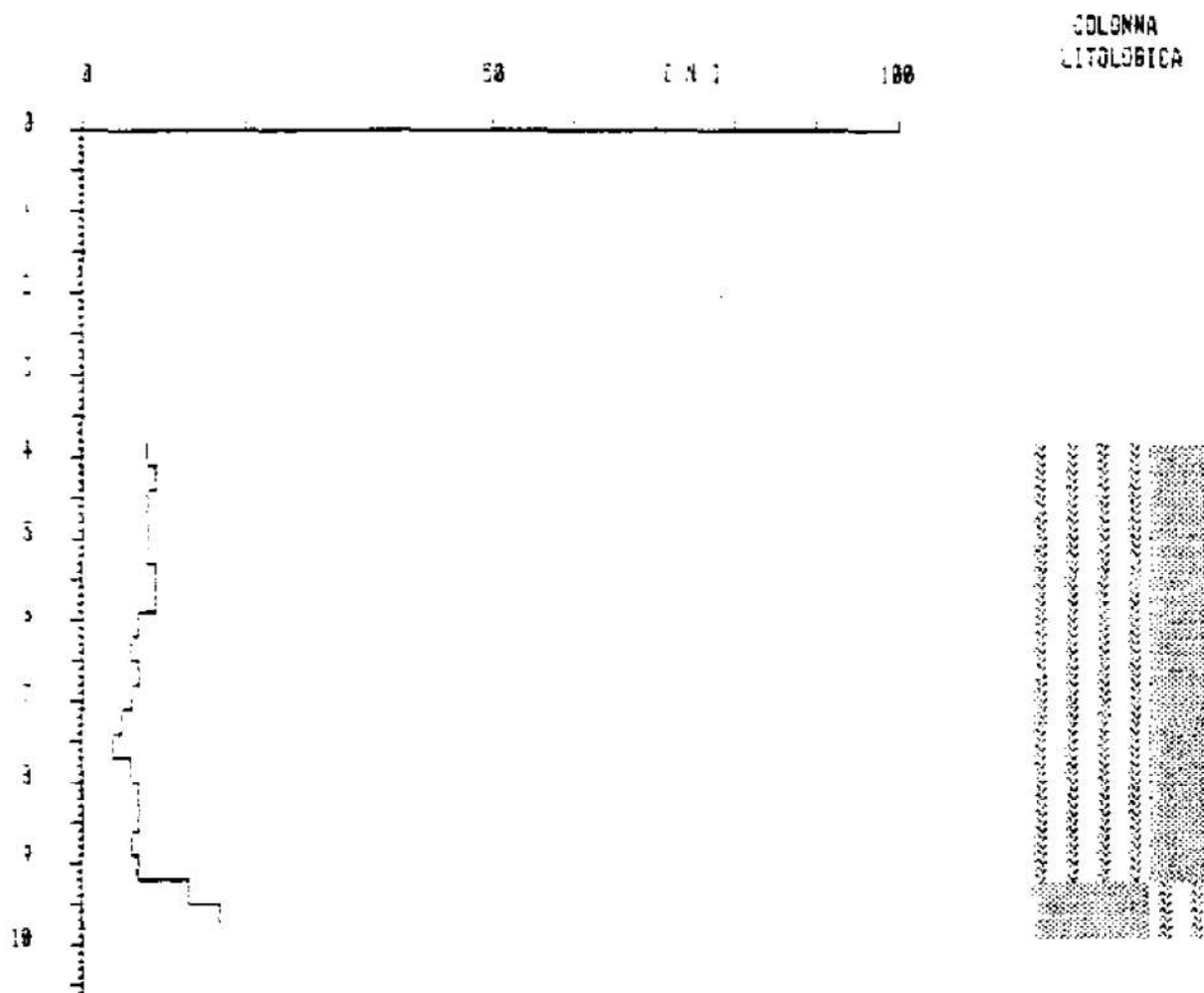
Elaborati dati geognostici, idrogeologici e sismici
di archivio estratti dalla Variante al P.S. comunale

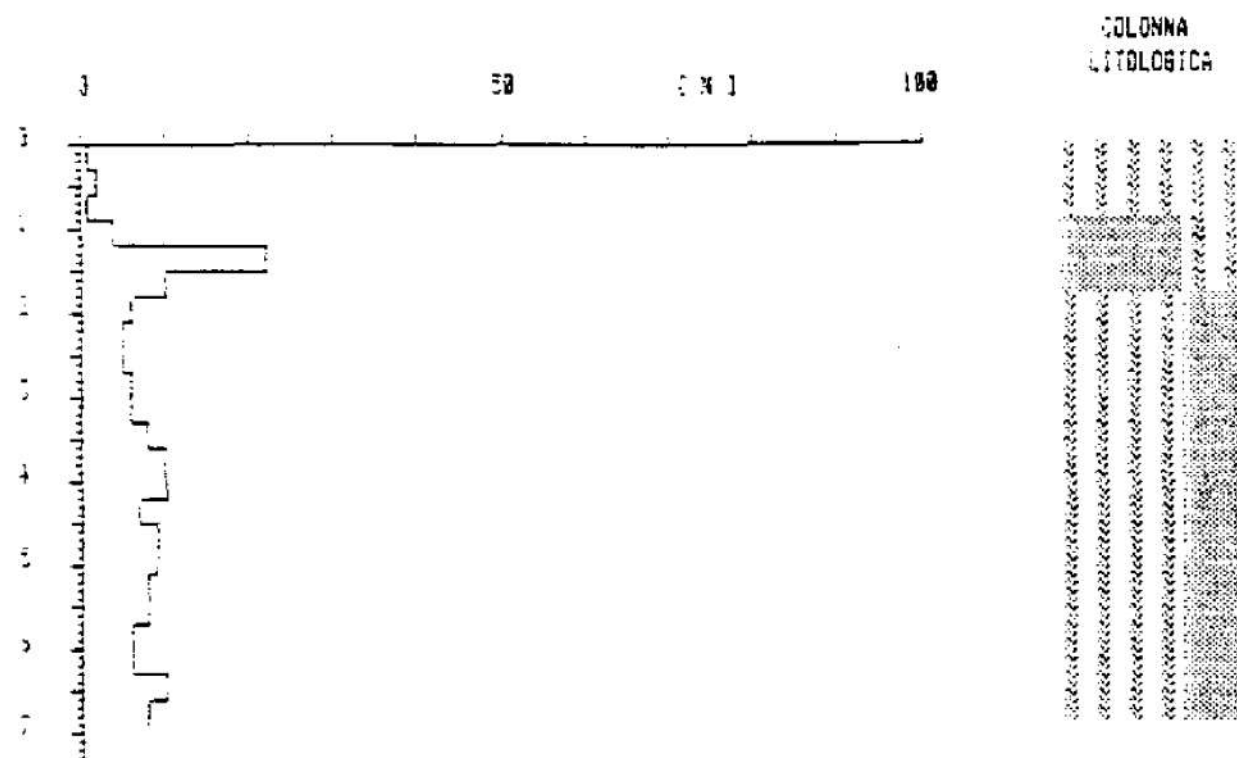
DATI GEOGNOSTICI

193

PROFONDITA' (metri)	letture di campo			valori derivati							
	R _{pt} (kg)	R _{cl} (kg)	R _t (kg)	R _{cl} -R _{pt} (kg)	R _{cl} (kg/cmq)	R _p /R _{cl}	R _t -R _{pt} (kg)	F _i (gradi)	D _r (%)	C _u (kg/cmq)	v _v (cmq/t)
.2	10	100	110	60	.4	10	70			.16	35.74
.4	50	115	120	65	.43	12	70			.2	29
.6	60	120	240	60	.4	15	180			.24	25.95
.8	80	120	330	40	.26	30	250			.32	22.29
1	240	450	1170	190	1.26	19	930			.96	16.94
1.2	820	970	1640	150	1	82	820	37	54		8.1
1.4	720	1150	2070	430	2.06	25	1350			3.6	9.18
1.6	900	1200	1800	300	2.53	36	900			4.5	7.39
1.8	720	1000	1720	350	2.35	31	990			3.65	9.06
2	720	1000	1700	280	1.66	39	900			3.6	9.18
2.2	770	1000	2550	230	1.53	50	1760	32	52		8.61
2.4	1000	1050	2340	30	.2	500	1340	30	68		6.66
2.6	750	1100	2510	450	3	24	1760			3.65	9.06
2.8	530	720	1920	240	1.6	33	1370			2.45	12.02
3	500	900	2150	300	2	25	1650			2.5	12.57
3.2	640	920	2340	280	1.66	34	1700			3.2	10.24
3.4	700	1050	2670	350	2.06	30	1090			3.9	6.5
3.6	1300	1060	3150	560	3.73	35	1050			6.5	5.12
4											

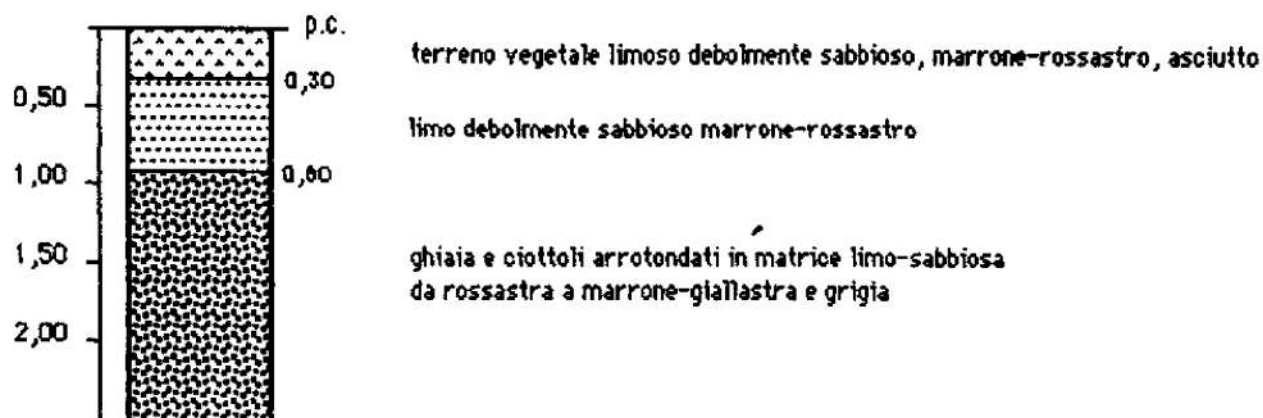
194





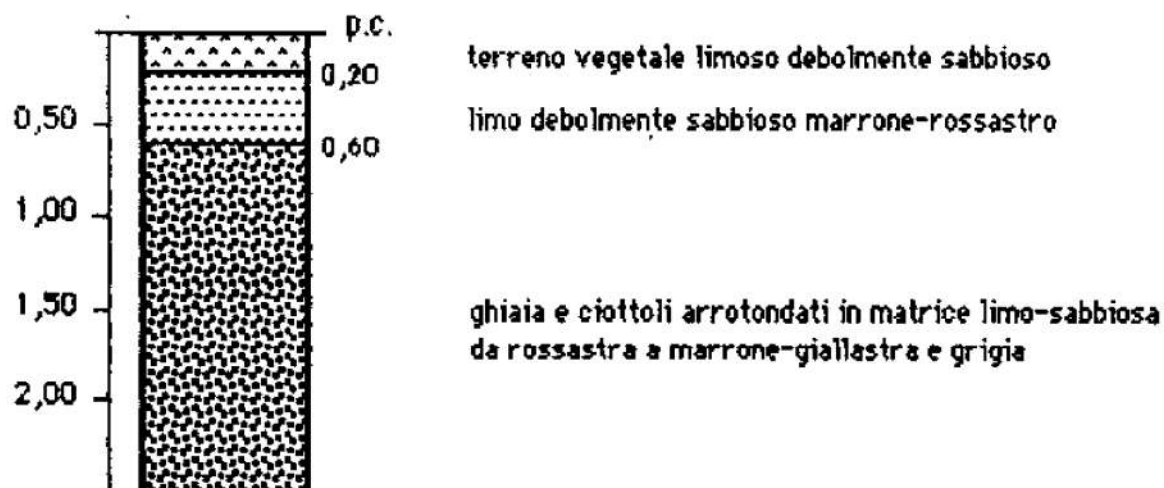
S 1

1491



S 2

1492





CERTIFICATO N.RO : 196-AA						CANTIERE : COSTRUZIONE COMPLESSO RESIDENZIALE											
I	PROF.	QC	RL	FS.	X	I	PROF.	QC	RL	FS.	X	I	PROF.	QC	RL	FS.	X
I	0.00	1	1	0.00	0.00	I						I					
I	0.20	21	22	0.07	300.00	I						I					
I	0.40	45	49	0.27	166.67	I						I					
I	0.60	26	30	0.27	96.30	I						I					
I	0.80	57	63	0.40	142.50	I						I					
I	1.00	57	72	1.00	57.00	I						I					
I	1.20	45	60	1.00	45.00	I						I					
I	1.40	90	114	1.60	56.25	I						I					
I	1.60	81	114	2.20	36.82	I						I					
I	1.80	48	84	2.40	20.00	I						I					
I	2.00	49	73	1.60	30.62	I						I					
I	2.20	48	78	2.00	24.00	I						I					
I	2.40	39	67	1.87	20.86	I						I					
I	2.60	30	55	1.67	17.96	I						I					
I	2.80	31	48	1.13	27.43	I						I					
I	3.00	27	45	1.20	22.50	I						I					
I	3.20	21	31	0.67	31.34	I						I					
I	3.40	32	45	0.87	36.78	I						I					
I	3.60	33	48	1.00	33.00	I						I					
I	3.80	35	54	1.27	27.56	I						I					
I	4.00	35	57	1.47	23.81	I						I					
I	4.20	49	75	1.73	28.32	I						I					
I	4.40	60	90	2.00	30.00	I						I					
I	4.60	68	99	2.07	32.85	I						I					
I	4.80	74	108	2.27	32.60	I						I					
I	5.00	63	96	2.20	28.64	I						I					
I	5.20	54	82	1.87	28.88	I						I					
I	5.40	74	108	2.27	32.60	I						I					
I	5.60	183	228	3.00	61.00	I						I					
I	5.80	187	254	4.47	41.83	I						I					
I	6.00	162	200	2.53	64.03	I						I					
I	6.20	124	161	2.47	50.20	I						I					
I	6.40	98	121	1.53	64.05	I						I					
I	6.60	84	106	1.47	57.14	I						I					
I	6.80	73	104	2.07	35.27	I						I					
I	7.00	66	93	1.80	36.67	I						I					
I	7.20	52	80	1.87	27.81	I						I					
I	7.40	32	59	1.80	17.78	I						I					
I	7.60	47	78	2.07	22.71	I						I					
I	7.80	52	84	2.13	24.41	I						I					
I	8.00	66	102	2.40	27.50	I						I					
LEGENDA : PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE CM. FS = RESISTENZA SPECIFICA AL MANICOTTO dN/caq																	
QC = RESISTENZA SPECIFICA ALLA PUNTA dN/caq X = RAPPORTO QC/FS %																	
RL = RESISTENZA LATERALE TOTALE dN/caq																	
LITOLOGIA : T=TORBE A=ARGILLA LA=LIMI ARGILLOSI LS=LIMI SABBIOSI SL=SABBIE LIMOSE																	
S=SABBIE SG=SABBIE E GHIAIA AG=TERRENO AGRICOLO																	

LEGENDA:

Prof. = profondità in metri

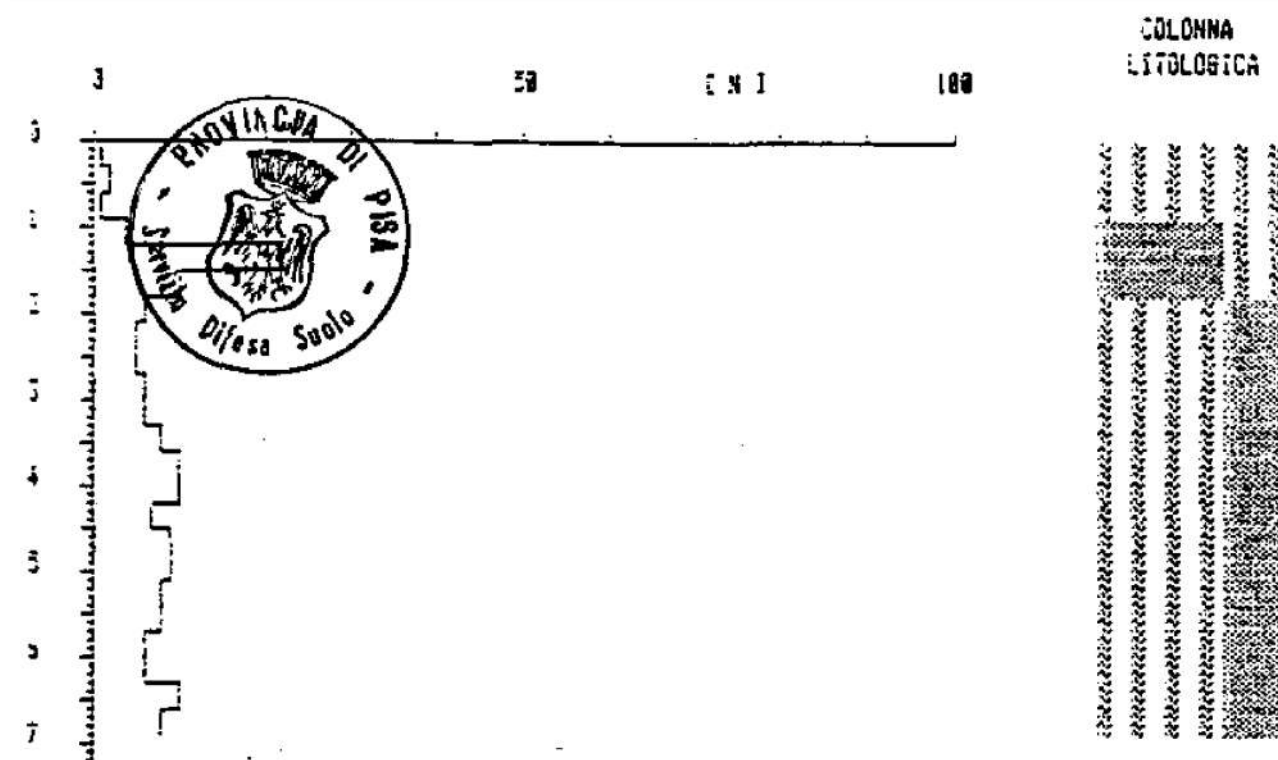
Rpt = Resistenza alla punta (kg/cm²)*10Rat = Resistenza attrito laterale (Kg/cm²)*150

Rt = Resistenza totale sulle aste (kg)

Begemann = Rapporto Begemann

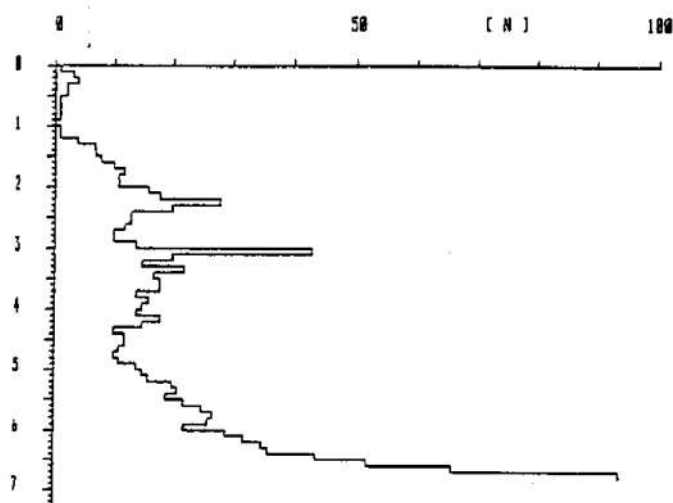
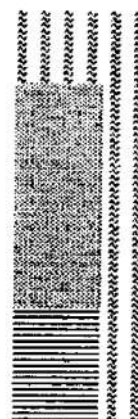
Prof.	Rpt	Rat	Rt	Begemann	Rp (Kg/cm ²)	mv
0,2	40	70	130	20	4	83
0,4	240	251	300	343	24	14
0,6	370	390	500	285	37	9
0,8	240	290	650	73	24	14
1,0	140	160	800	108	14	24
1,2	260	290	1000	130	26	13
1,4	190	210	1100	146	19	18
1,6	90	120	1200	45	9	37
1,8	40	51	1400	57	4	83
2,0	160	171	1600	229	16	21
2,2	660	761	1700	99	66	5
2,4	270	450	1850	23	27	12
2,6	260	541	1950	14	26	13
2,8	250	501	2100	15	25	13
3,0	220	420	2200	17	22	15
3,2	170	290	2300	21	17	20
3,4	170	260	2500	28	17	20
3,6	400	670	2800	22	40	8
3,8	400	720	2950	19	40	8
4,0	460	810	3150	20	46	7
4,2	530	860	3300	24	53	6
4,4	550	880	3400	25	55	6
4,6	520	820	3500	26	52	6
4,8	540	830	3650	28	54	6
5,0	660	941	3800	35	66	5
5,2	870	1.280	4000	32	87	4
5,4	720	1.061	4150	32	72	5
5,6	800	1.120	4300	38	80	4
5,8	960	1.360	4500	39	96	3
6,0	1140	1.620	4800	36	114	3
6,2	1380	1.940	4950	37	138	2
6,4	1020	1.470	5150	34	102	3
6,6	860	1.100	5300	54	86	4
6,8	580	970	5500	22	58	6
7,0	630	1.020	5600	24	63	5
7,2	470	890	5750	17	47	7
7,4	360	581	6000	24	36	9
7,6	410	691	6200	22	41	8
7,8	680	910	6400	44	68	5
8,0	700	960	6600	40	70	5
8,2	-	-	-	-	-	-
8,4	-	-	-	-	-	-

letture di campagna					valori derivati								
Prof.	H ₂ O	Rpt	Rat	Rt	Ret-Rpt	Rel	Rp/Ral	Rt-Rpt	fi	Dr	Cu	mv	Tipo litologico
0,20		30	40	70	10	0,07	45	40			0,15	41,81	Limo sabbioso
0,40		40	60	120	20	0,13	30	80			0,20	33,74	Limo
0,60		130	200	200	70	0,47	28	70			0,65	18,72	Limo
0,80		80	150	290	70	0,47	17	210			0,40	22,29	Argilla
1,00		70	210	210	140	0,93	8	140			0,35	23,81	Argilla
1,20		60	140	440	80	0,53	11	380			0,30	25,93	Argilla
1,40		500	530	710	30	0,20	250	210	31	38		12,57	Sabbia con ghiaia
1,60		450	690	1140	240	1,60	28	690			1,50	13,53	Limo
1,80		530	880	1800	150	1,00	53	1270	36	40		12,02	Sabbia limosa
2,00		930	1100	4450	170	1,13	82	3520	38	58		7,15	Sabbia con ghiaia
2,20													
2,40													
2,60													
2,80													



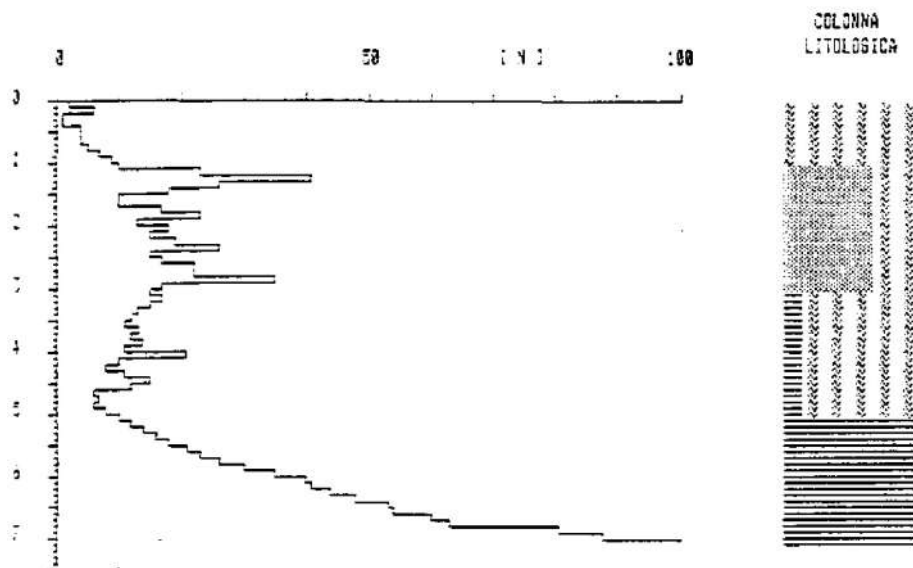
valori derivati

PROFONDITA' [metri]	Numero colpi	Tipo litologico	FI [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm ²]	mv [cmq/t]
.1	1	L			.1	166.67
.2	3	L			.3	55.56
.3	4	L			.4	41.67
.4	2	L			.2	83.33
.5	2	L			.2	83.33
.6	1	L			.1	166.67
.7	1	L			.1	166.67
.8	1	L			.1	166.67
.9	1	L			.1	166.67
1	8	L				
1.1	1	L			.1	166.67
1.2	1	L			.1	166.67
1.3	4	SI	27.9	12		41.67
1.4	7	SI	29.24	28		23.81
1.5	7	SI	29.24	28		23.81
1.6	8	SI	29.24	28		28.83
1.7	10	SI	30	35		16.67
1.8	12	SI	30.8	48		13.89
1.9	11	SI	30	35		15.15
2	11	SI	30	35		15.15
2.1	16	SI	31.74	45		10.42
2.2	16	SI	32.42	48		9.26
2.3	20	SI	35.3	62		5.95
2.4	20	SI	33.18	52		8.33
2.5	13	SI	30.8	48		12.82
2.6	13	SI	30.8	48		12.82
2.7	12	SI	30.8	48		13.89
2.8	10	SI	30	35		16.67
2.9	10	SI	30	35		16.67
3	14	SI	31.74	45		11.9
3.1	43	SI	39.24	77.5		3.88
3.2	20	SI	33.18	52		8.33
3.3	15	SI	31.74	45		11.11
3.4	22	SI	33.94	55		7.58
3.5	17	SI	32.42	48		9.8
3.6	18	SI	32.42	48		9.26
3.7	18	SI	32.42	48		9.26
3.8	14	SI	31.74	45		11.9
3.9	16	SI	31.74	45		10.42
4	15	SI	31.74	45		11.11
4.1	14	SI	31.74	45		11.9
4.2	18	SI	32.42	48		9.26
4.3	15	SI	31.74	45		11.11
4.4	10	SI	30	35		16.67
4.5	12	SI	30.8	48		13.89
4.6	12	SI	30.8	48		13.89
4.7	11	SI	30	35		15.15
4.8	10	SI	30	35		16.67
4.9	11	SI	30	35		15.15
5	14	SI			1.4	11.9

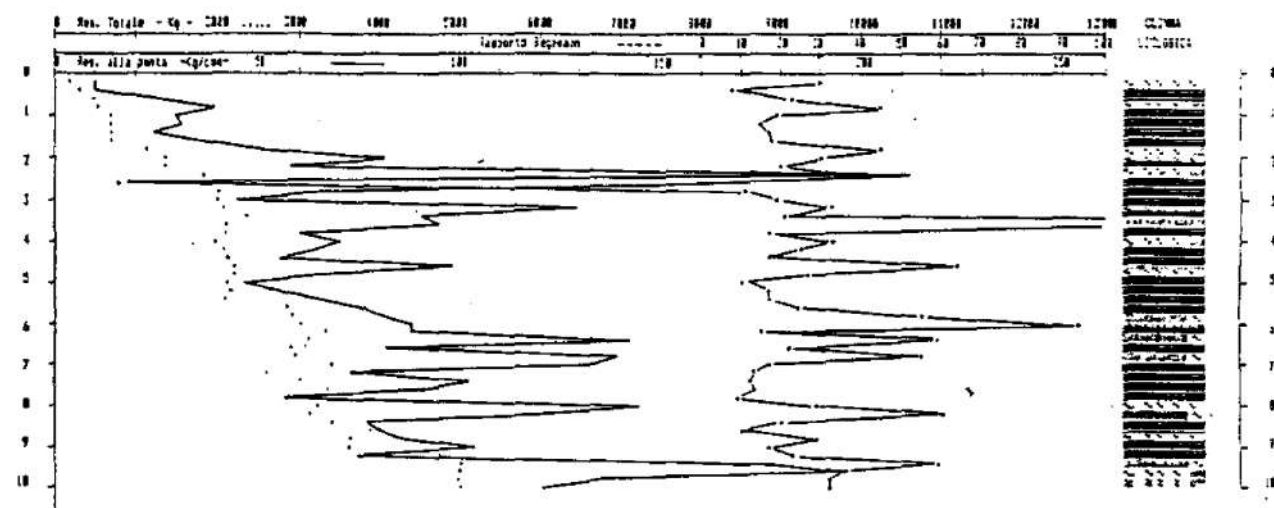
COLONNA
LITOLOGICA

valori derivati

PROFONDITA' [metri]	Numero colata	Tipo litologico	Pi [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	av [cmq/t]
1.1	2	L			1.2	33.33
1.2	3	L			1.3	27.78
1.3	1	L			1.1	188.67
1.4	1	L			1.1	188.67
1.5	4	L			1.4	41.67
1.6	4	L			1.4	41.67
1.7	4	L			1.4	41.67
1.8	5	L			1.3	33.33
1.9	7	L			1.7	20.81
2	9	L			1.9	18.52
2.1	10	Sl	38	35		18.67
2.2	23	Sl	33.94	55		7.25
2.3	41	Sl	38.64	75		4.37
2.4	26	Sl	34.6	59		5.41
2.5	18	Sl	32.42	48		9.26
2.6	10	Sl	38	35		18.67
2.7	10	Sl	38	35		18.67
2.8	17	Sl	32.42	48		9.8
2.9	25	Sl	33.94	55		7.25
3	15	Sl	38.6	48		12.82
3.1	18	Sl	32.42	48		9.26
3.2	15	Sl	31.74	45		11.11
3.3	19	Sl	33.18	52		8.77
3.4	26	Sl	34.6	59		5.41
3.5	15	Sl	31.74	45		11.11
3.6	17	Sl	32.42	46		9.8
3.7	22	Sl	33.94	55		7.58
3.8	22	Sl	33.94	55		7.58
3.9	35	Sl	37.35	78		4.76
4	17	Sl	32.42	46		9.8
4.1	15	La			1.5	11.11
4.2	17	La			1.7	9.8
4.3	15	La			1.5	11.11
4.4	15	La			1.3	12.82
4.5	12	La			1.2	13.69
4.6	11	La			1.1	15.15
4.7	13	La			1.3	12.82
4.8	12	La			1.2	13.69
4.9	14	La			1.4	11.7
5	11	La			1.1	15.15
4.1	21	La			2.1	7.94
4.2	10	La			1	18.67
4.3	8	La			1.8	28.83
4.4	11	La			1.1	15.15
4.5	15	La			1.5	11.11
4.6	12	La			1.2	13.69
4.7	6	La			1.6	27.78
4.8	7	La			1.7	23.51
4.9	6	La			1.6	27.78
5	8	La			1.8	28.83



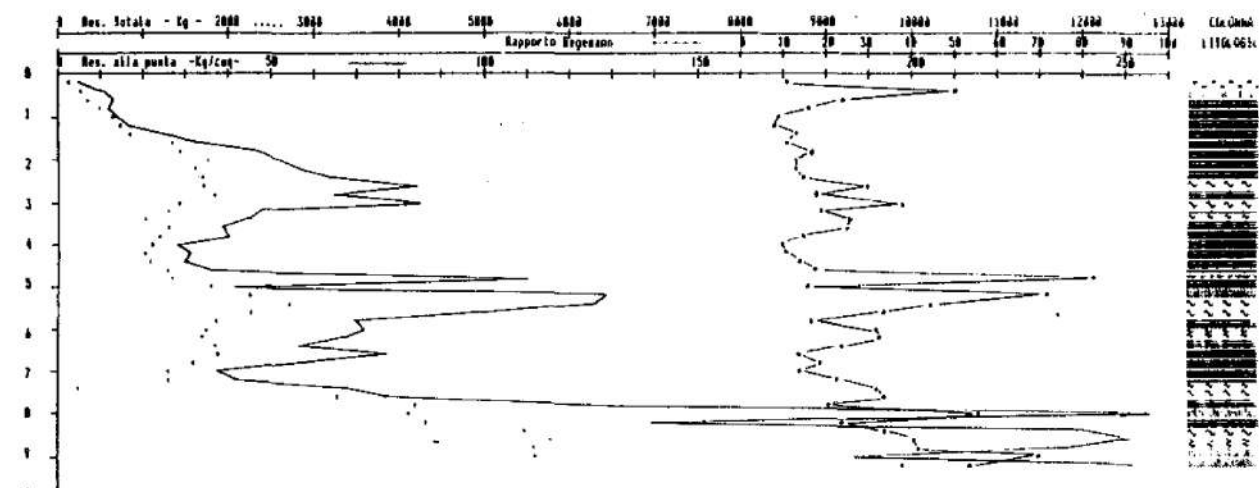
PROFONDITA' [metri]	CATTORI DI CAMPAGNA			VALORI DERIVATI							
	Rpt [Kg]	Rat [Kg]	Rt [Kg]	Rat-Rpt [Kg]	Rat [Kg/cmq]	Rp/Rat	Rt-Rpt [Kg]	FE [gradi]	Dr [°]	Cu [Kg/cmq]	W [cm]
0.2	180	150	180	30	1.1	20	30			4	25.1
0.4	180	220	320	140	1.2	8	200			4	25.1
0.6	250	410	460	160	1.46	25	220			7	26.35
0.8	290	520	540	230	1.86	15	150			1.53	16.49
1	360	540	670	280	1.6	19	370			1.2	15.2
1.2	310	620	670	310	2.36	15	360			1.29	16.26
1.4	250	470	700	220	1.46	17	450			1	16.30
1.6	370	600	700	310	2.66	18	330			1.48	16.26
1.8	310	600	1140	170	1.13	15	620			2.25	11.29
2	810	1210	1340	490	2.41	20	550			4.85	8.7
2.2	580	1620	1340	640	2.91	20	760			2.9	10.15
2.4	2120	2950	1830	830	5.52	28	-290			18.4	3.14
2.6	157	1910	2100	1753	11.48	1	1912			4.5	11.99
2.8	660	1560	2010	980	6	11	1320			3.3	9.76
3	450	810	2000	260	2.1	19	1520			1.8	10.51
3.2	1290	1880	2070	570	2.93	33	780			6.45	5.16
3.4	910	1260	2340	650	4.22	21	1430			4.55	7.22
3.6	950	1420	2110	70	1.4	200	1160	50	59		7.81
3.8	690	1120	2090	520	3.52	17	1490			3	10.30
4	780	1922	1970	222	2.14	33	1270			3.5	9.13
4.2	440	1825	2070	385	2.56	23	1620			5.2	10.21
4.4	350	1330	2120	480	3.7	17	1580			2.75	10.67
4.6	600	1210	2190	220	1.52	64	1270	34	48		6.79
4.8	660	1930	2190	370	2.46	27	1520			3.3	9.76
5	470	1210	2120	740	1.92	18	1660			2.25	10.11
5.2	350	1830	2110	480	3.2	17	1610			2.75	10.61
5.4	450	1215	2090	565	2.76	17	1440			3.25	10.1
5.6	750	1220	2050	470	3.13	24	2180			3.75	9.13
5.8	890	1820	2910	220	1.46	25	2110	32	53		8.1
6	880	1820	3040	140	1.91	94	2120	30	56		7.56
6.2	880	1770	3320	890	5.13	15	2450			4.4	7.55
6.4	1420	1780	3120	360	2.1	59	1780	35	71		4.19
6.6	920	1590	2980	370	3.1	22	2060			4.1	8.1
6.8	1390	1770	2920	380	2.33	25	1510	35	73		4.79
7	1330	2490	3420	1160	7.13	17	2090			6.65	5.1
7.2	350	1560	2680	870	5.33	15	1870			5.65	9.16
7.4	1820	2350	3010	1320	8.46	12	1890			5.1	4.33
7.6	920	2060	3320	1800	7.2	13	2430			4.6	7.23
7.8	370	1670	2010	920	4.18	9	2240			2.85	11.13
8	1440	2190	3240	750	5	29	1880			7.2	6.42

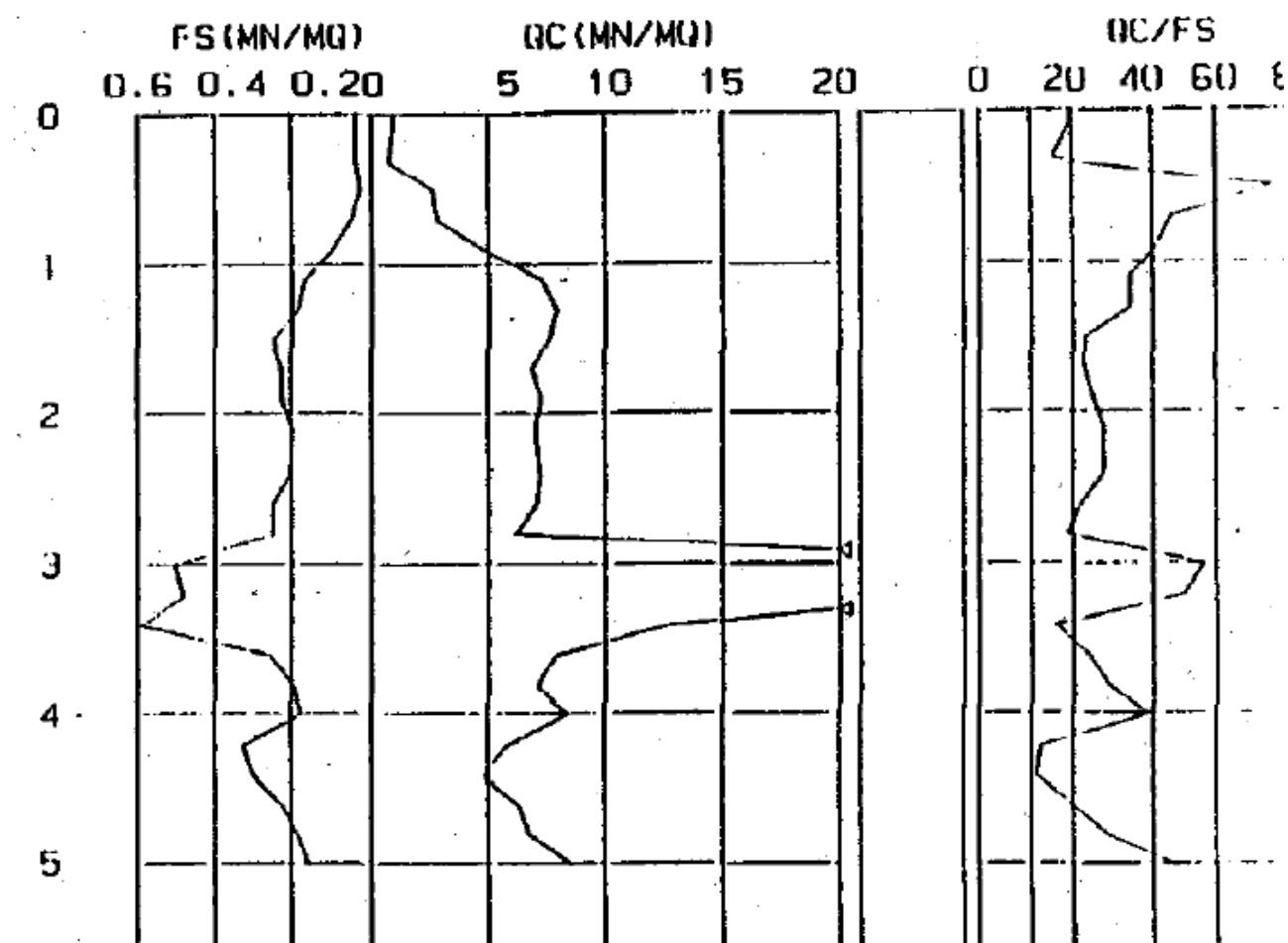
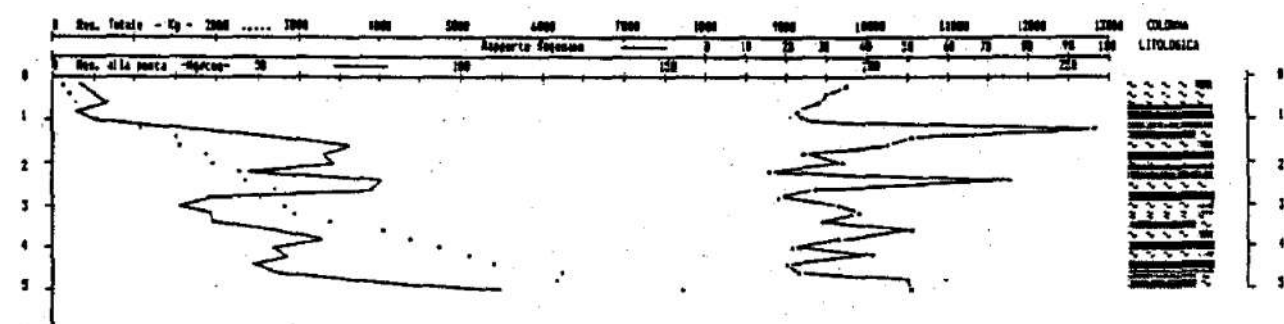


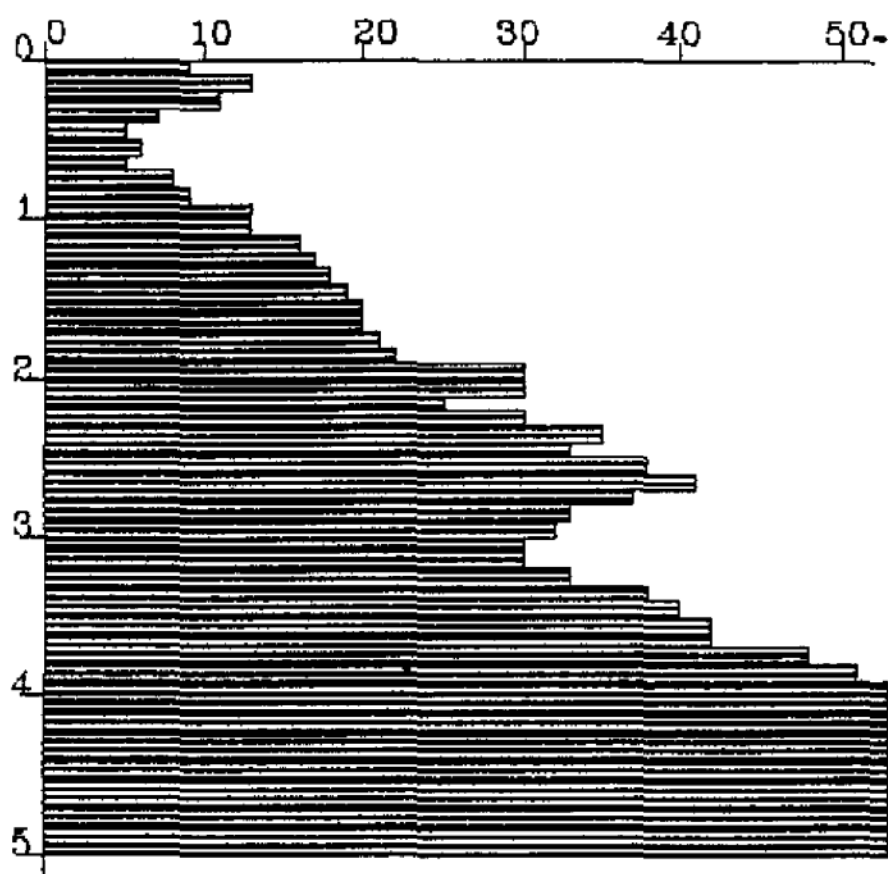
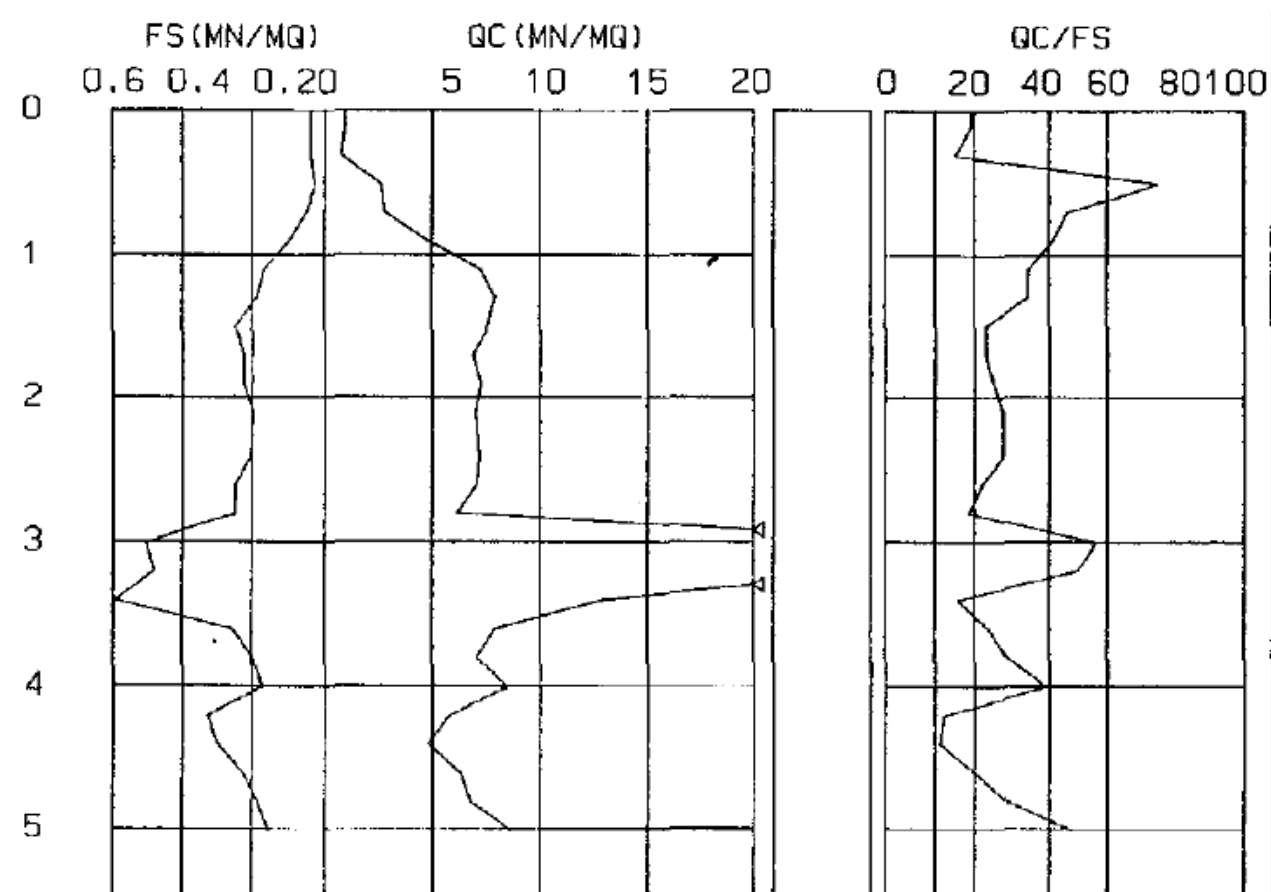
lettura di campagna

valore derivata

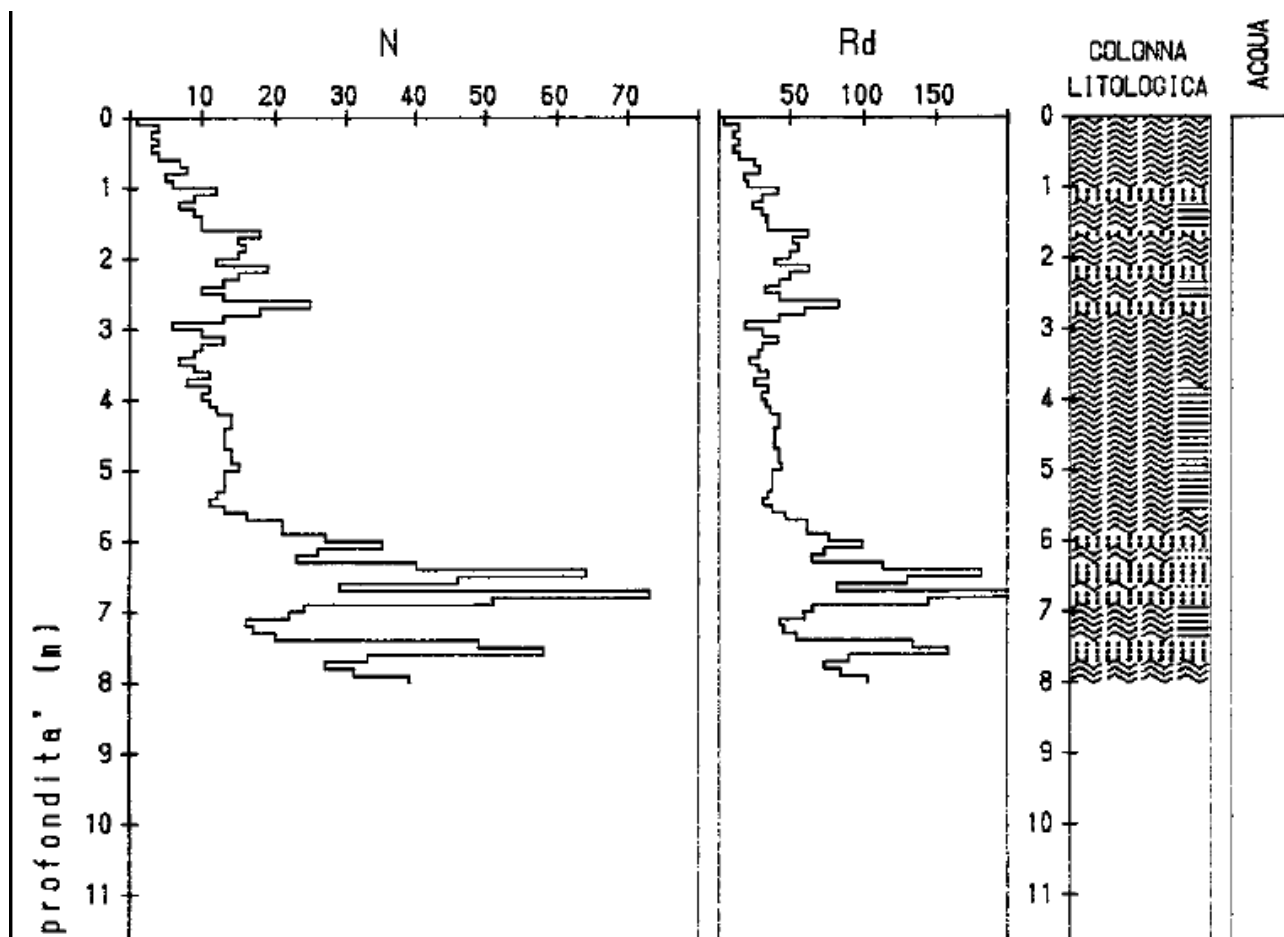
PROFONDITA' [metri]	Rgt [Kg]	Rat [Kg]	Rt [Kg]	Rgt-Rgt [Kg]	Rat [Kg/cm ²]	Rgt/Rat	Rt-Rgt [Kg]	Fl [gradi]	Gr [%]	Cu [Kg/cm ²]	av [cm/cm]
0.2	50	120	130	70	1.6	11	80			1.2	29
0.4	100	130	270	50	1.2	50	170	25	9		30.5
0.6	130	210	350	60	1.53	24	220			1.52	16.72
0.8	170	230	490	110	1.75	14	370			1.48	15.13
1	140	370	650	230	1.55	9	510			1.56	16.1
1.2	170	490	710	320	2.13	8	570			1.62	17.75
1.4	250	550	850	300	2	11	600			1	16.63
1.6	330	770	1350	440	2.93	11	1020			1.32	15.75
1.8	470	850	1440	410	2.75	17	970			2.35	15.14
2	570	1110	1770	570	3.93	13	1254			1.6	11.7
2.2	570	1240	1620	670	4.46	13	1050			2.65	11.72
2.4	640	1340	1740	660	4.4	15	1060			3.2	10.14
2.6	840	1260	1710	420	2.9	30	670			4.2	7.91
2.8	650	1580	1040	570	3.55	18	1154			3.25	10.1
3	850	1190	1130	340	2.26	30	500			4.25	7.62
3.2	480	860	1300	300	2.53	19	820			2.4	12.95
3.4	450	710	1070	260	1.73	26	570			1.8	15.53
3.6	390	620	1300	230	1.53	25	910			1.16	14.67
3.8	400	750	1190	390	2.6	15	350			1.6	14.5
4	280	710	1110	430	2.86	10	430			1.12	16.10
4.2	310	720	1070	410	2.73	11	710			1.1	16.80
4.4	360	620	1180	320	2.13	14	800			1.12	16.23
4.6	360	660	1300	300	2	10	940			1.44	15.24
4.8	1100	1300	1350	700	1.33	83	250	36	13		6.85
5	670	620	1010	400	2.66	16	1394			1.40	14.11
5.2	1290	1560	2260	270	1.8	72	970	36	49		5.16
5.4	1260	1680	2730	420	2.8	45	1470			6.3	5.29
5.6	1810	1460	2270	490	3	34	1240			5.85	6.59
5.8	760	1330	1070	630	4.2	17	1170			3.5	9.15
6	370	1860	1750	340	2.26	32	1030			3.6	9.16
6.2	600	990	1700	310	2.86	33	1070			3.4	9.69
6.4	570	920	1860	350	2.37	24	1290			2.65	11.35
6.6	770	1670	1090	650	5.66	14	1120			3.85	6.41
6.8	500	1030	1610	450	3	19	1010			2.9	11.16
7	360	790	1510	410	2.73	16	930			1.52	14.87
7.2	420	690	1310	270	1.8	23	890			1.48	14.11
7.4	600	1600	252	320	2.13	32	470			3.4	9.65
7.6	770	1110	3290	340	2.26	34	2520			3.65	6.61
7.8	1234	2130	6200	900	6	21	2970			6.15	5.41
8	2540	3250	4130	1490	4.6	56	1570	39	65		2.8







Prof	N	Rd	Ø	Dr	Cu	mv	Prof	N	Rd	Ø	Dr	Cu	mv
0.1	1	3.7	.	.	0.1	36.0	5.1	13	36.9	.	.	0.9	2.0
0.2	4	14.7	.	.	0.3	9.0	5.2	13	35.5	.	.	0.9	2.0
0.3	3	11.0	.	.	0.2	12.0	5.3	13	34.3	.	.	0.9	2.0
0.4	4	14.7	.	.	0.3	9.0	5.4	12	30.6	.	.	0.8	3.0
0.5	3	11.0	.	.	0.2	12.0	5.5	11	27.1	.	.	0.7	3.3
0.6	4	14.7	.	.	0.3	9.0	5.6	13	31.0	.	.	0.9	2.0
0.7	7	25.7	.	.	0.5	5.1	5.7	16	37.0	.	.	1.1	2.3
0.8	8	29.3	.	.	0.5	4.5	5.8	21	47.1	.	.	1.4	1.7
0.9	5	18.3	.	.	0.3	7.2	5.9	21	45.7	.	.	1.4	1.7
1.0	6	21.0	.	.	0.4	6.0	6.0	27	57.1	35	94	.	1.3
1.1	12	41.9	28	98	.	3.0	6.1	35	72.0	38	99	.	1.0
1.2	9	31.5	27	88	.	4.0	6.2	26	52.1	35	92	.	1.4
1.3	7	24.5	.	.	0.5	5.1	6.3	23	44.9	34	88	.	1.6
1.4	9	31.5	.	.	0.6	4.0	6.4	40	76.0	39	99	.	0.9
1.5	10	35.0	.	.	0.7	3.6	6.5	64	110.6	46	99	.	0.6
1.6	10	35.0	.	.	0.7	3.6	6.6	46	83.2	41	99	.	0.8
1.7	18	62.9	31	99	.	2.0	6.7	29	51.2	36	94	.	1.2
1.8	15	52.4	.	.	1.0	2.4	6.8	73	126.0	48	99	.	0.5
1.9	16	55.9	.	.	1.1	2.3	6.9	51	86.0	43	99	.	0.7
2.0	15	50.1	.	.	1.0	2.4	7.0	24	39.6	.	.	1.6	1.5
2.1	12	40.1	.	.	0.8	3.0	7.1	22	35.5	.	.	1.5	1.6
2.2	19	63.5	32	99	.	1.9	7.2	16	25.3	.	.	1.1	2.3
2.3	15	50.1	30	92	.	2.4	7.3	17	26.3	.	.	1.1	2.1
2.4	13	43.4	.	.	0.9	2.0	7.4	20	30.3	.	.	1.3	1.8
2.5	10	33.4	.	.	0.7	3.6	7.5	49	72.8	42	99	.	0.7
2.6	13	43.4	.	.	0.9	2.0	7.6	58	84.5	44	99	.	0.6
2.7	25	83.5	34	99	.	1.4	7.7	33	47.2	37	96	.	1.1
2.8	18	60.1	31	95	.	2.0	7.8	27	37.9	.	.	1.0	1.3
2.9	13	43.4	.	.	0.9	2.0	7.9	31	42.7	.	.	2.1	1.2
3.0	6	19.2	.	.	0.4	6.0	8.0	39	52.7	.	.	2.6	0.9
3.1	10	32.0	.	.	0.7	3.6							
3.2	13	41.6	.	.	0.9	2.0							
3.3	10	32.0	.	.	0.7	3.6							
3.4	9	28.8	.	.	0.6	4.0							
3.5	7	22.4	.	.	0.5	5.1							
3.6	9	28.8	.	.	0.6	4.0							
3.7	11	35.2	.	.	0.7	3.3							
3.8	8	25.6	.	.	0.5	4.5							
3.9	11	35.2	.	.	0.7	3.3							
4.0	10	30.7	.	.	0.7	3.6							
4.1	11	33.7	.	.	0.7	3.3							
4.2	12	36.8	.	.	0.8	3.0							
4.3	14	42.9	.	.	0.9	2.6							
4.4	14	42.9	.	.	0.9	2.6							
4.5	13	39.9	.	.	0.9	2.0							
4.6	13	39.9	.	.	0.9	2.0							
4.7	13	39.9	.	.	0.9	2.0							
4.8	14	42.9	.	.	0.9	2.6							
4.9	14	42.9	.	.	0.9	2.6							
5.0	15	44.2	.	.	1.0	2.4							



SCHEDA POZZO A.S.C.

POZZO n. : 7
 PROPRIETARIO : Azienda Speciale Cerbaie
 ZONA : loc. Porto alle Lenze - al confine con Staffoli
 COMUNE : Castelfranco di Sotto
 PROVINCIA : Pisa
 ULTIMO CENSIMENTO : Ottobre 1998



1. POZZO

Data costruzione : 1984 Tipo : perforato a percussione Profondità : 120,0 mt
 Diametro : 273 mm Portata di esercizio : 9,0 l/sec
 Uso : acquedotto Staffoli (centrale V.la Maiorli - collettore sud)
 Utilizzazione : continua Equipaggiamento : pompa sommersa
 Filtri : tipo a ponte in acciaio inox per un totale di 10,5 mt

2. PUNTO DI RIFERIMENTO

Quota P.C. : 11,0 mt sopra l.m.m. Quota P.R. : 11,5 mt sopra l.m.m.
 Determinata : carta aerofotogrammetrica in scala 1:5.000 del 1994

3. ACQUIFERO

Tipo : confinato

LIVELLI ACQUIFERI		LITOLOGIA	FILTRI
n.	da mt a mt		da mt a mt
1	11,0 - 12,0	ghiaia	
2	37,0 - 42,0	ghiaia	
3	44,0 - 52,0	ghiaia	
4	62,0 - 70,0	ghiaia	65,5 - 70,0
5	74,0 - 93,0	ghiaia	78,5 - 80,0
			88,5 - 93,0

4. RILEVAMENTI PERIODICI (livello piezometrico in metri da P.R.)

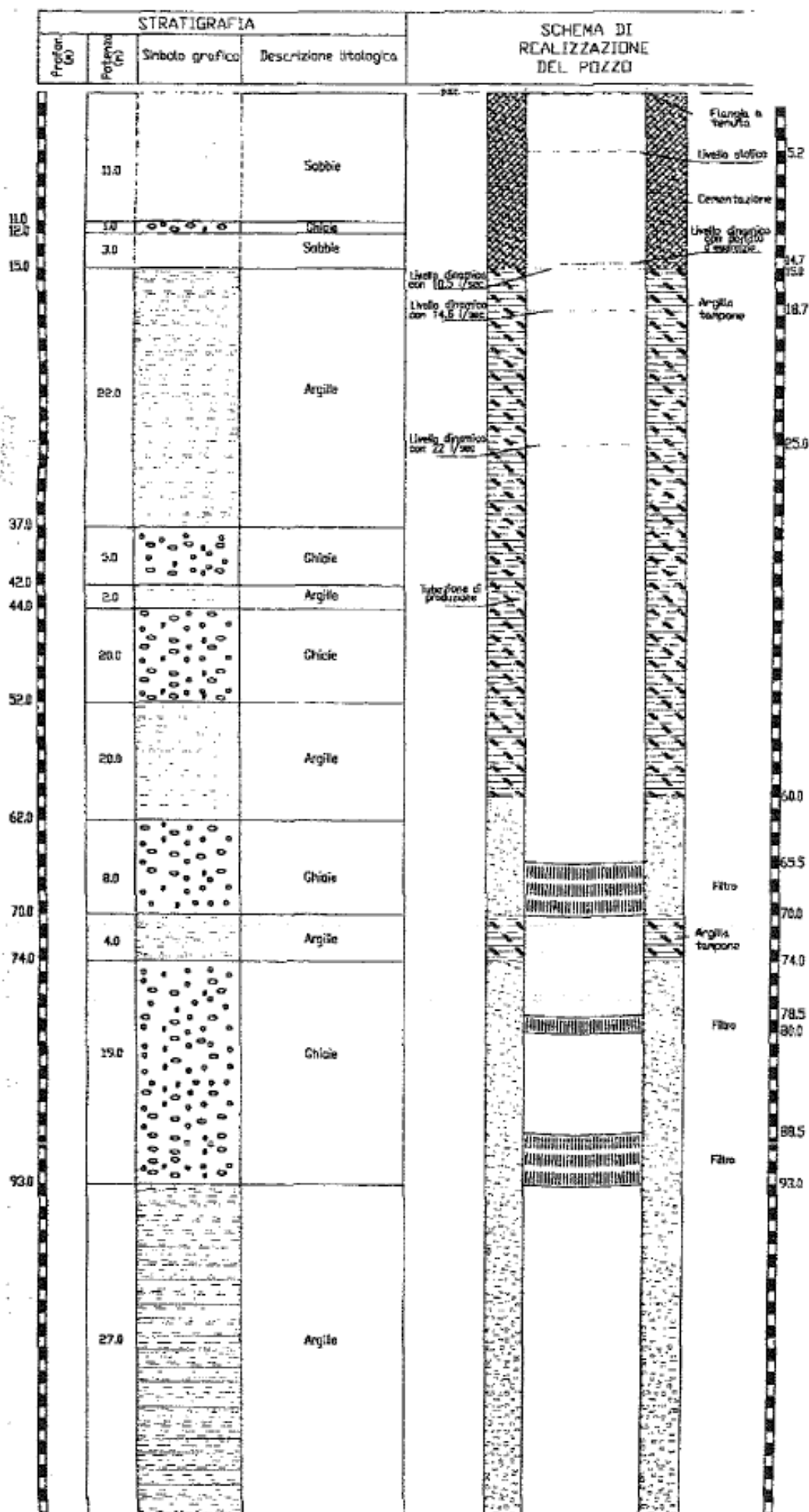
DATA	LIV.STATICO	LIV.DINAMICO	DATA	LIV.STATICO	LIV.DINAMICO
febbraio '95	-11,25	-15,95	ottobre '97	-12,65	-18,00
maggio '95	-11,30	-15,75	novembre '97	-12,53	-17,60
ottobre '95	-11,45	-17,15	ottobre '98	-13,20	-16,75
gennaio '96	-11,45	-17,35			
dicembre '96		-18,40			
marzo '97	-11,80	-17,50			

5. PROVE DI PORTATA (livello piezometrico in metri da P.R.)

DATA	LIV.STAT.INIZ.	PORTATA l/s	LIV.DINAMICO	ABBASS. mt
dicembre '84	-5,70	10,50	-15,00	9,30
		14,60	-18,70	13,00
		22,00	-25,00	19,30

6. OSSERVAZIONI

Eseguite "analisi chimiche" dell'acqua in data maggio '98.



SCHEDA POZZO A.S.C.

POZZO n. : 11
 PROPRIETARIO : Azienda Speciale Cerbaie
 ZONA : scuola media in via delle Pinete - Staffoli
 COMUNE : Santa Croce sull'Arno
 PROVINCIA : Pisa
 ULTIMO CENSIMENTO : Ottobre 1998

**1. POZZO**

Data costruzione : 1960 Tipo : perforato a percussione Profondità : 70,0 mt
 Diametro : 300 mm Portata di esercizio : 10,0 l/sec
 Uso : acquedotto Staffoli (centrale V.la Maiorfi - collettore sud)
 Utilizzazione : continua Equipaggiamento : pompa sommersa
 Filtri : tipo a ponte in acciaio inox per un totale di 12,0 mt

2. PUNTO DI RIFERIMENTO

Quota P.C. : 32,0 mt sopra l.m.m. Quota P.R. : 32,0 mt sopra l.m.m.
 Determinata : carta aerofotogrammetrica in scala 1:5.000 del 1994

3. ACQUIFERO

Tipo : confinato

LIVELLI ACQUIFERI		LITOLOGIA	FILTRI
n.	da mt a mt		da mt a mt
1	47,0 - 55,0	ghiaia	49,0 - 55,0
2	58,0 - 70,0	ghiaia	64,0 - 70,0

4. RILEVAMENTI PERIODICI (livello piezometrico in metri da P.R.)

DATA	LIV.STATICO	LIV.DINAMICO	DATA	LIV.STATICO	LIV.DINAMICO
maggio '96	-30,70	-33,70	settembre '97	-33,30	-36,55
luglio '96		-34,50	ottobre '97		-36,55
settembre '96		-34,80	novembre '97	-32,46	-34,90
dicembre '96		-34,90	ottobre '98	-34,00	-37,50
marzo '97	-32,90	-34,80			
aprile '97		-36,55			

5. PROVE DI PORTATA (livello piezometrico in metri da P.R.)

DATA	LIV.STAT.INIZ.	PORTATA l/s	LIV.DINAMICO	ABBASS. mt

6. OSSERVAZIONI

SCHEDA POZZO A.S.C.

POZZO n. : 12

PROPRIETARIO : Azienda Speciale Cerbaie

ZONA : serbatoio acqua di via delle Pinete - Staffoli

COMUNE : Santa Croce sull'Arno

PROVINCIA : Pisa

ULTIMO CENSIMENTO : Ottobre 1998



1. POZZO

Data costruzione : 1974

Tipo : perforato a percussione

Profondità : 74,0 mt

Diametro : 280 mm

Portata di esercizio : 15,0 l/sec

Uso : acquedotto Staffoli (centrale V.la Maiorfi - collettore sud)

Utilizzazione : continua

Equipaggiamento : pompa sommersa

Filtri : tipo a ponte in acciaio inox per un totale di 12,0 mt

2. PUNTO DI RIFERIMENTO

Quota P.C. : 35,0 mt sopra l.m.m.

Quota P.R. : 35,0 mt sopra l.m.m.

Determinata : carta aerofotogrammetrica in scala 1:5.000 del 1994

3. ACQUIFERO

Tipo : confinato

LIVELLI ACQUIFERI		LITOLOGIA	FILTRI
n.	da mt a mt		da mt a mt
1	50,0 - 56,0	ghiaia	50,0 - 56,0
2	59,0 - 74,0	ghiaia	68,0 - 74,0

4. RILEVAMENTI PERIODICI (livello piezometrico in metri da P.R.)

DATA	LIV.STATICO	LIV.DINAMICO	DATA	LIV.STATICO	LIV.DINAMICO
maggio '96	-32,80	-34,60	settembre '97	-36,60	-39,60
luglio '96		-34,50	ottobre '97	-36,60	-39,60
settembre '96		-36,70	novembre '97	-34,46	-37,50
dicembre '96		-37,20	ottobre '98	-36,20	-39,60
marzo '97	-35,00	-37,00			
aprile '97	-36,60	-39,60			

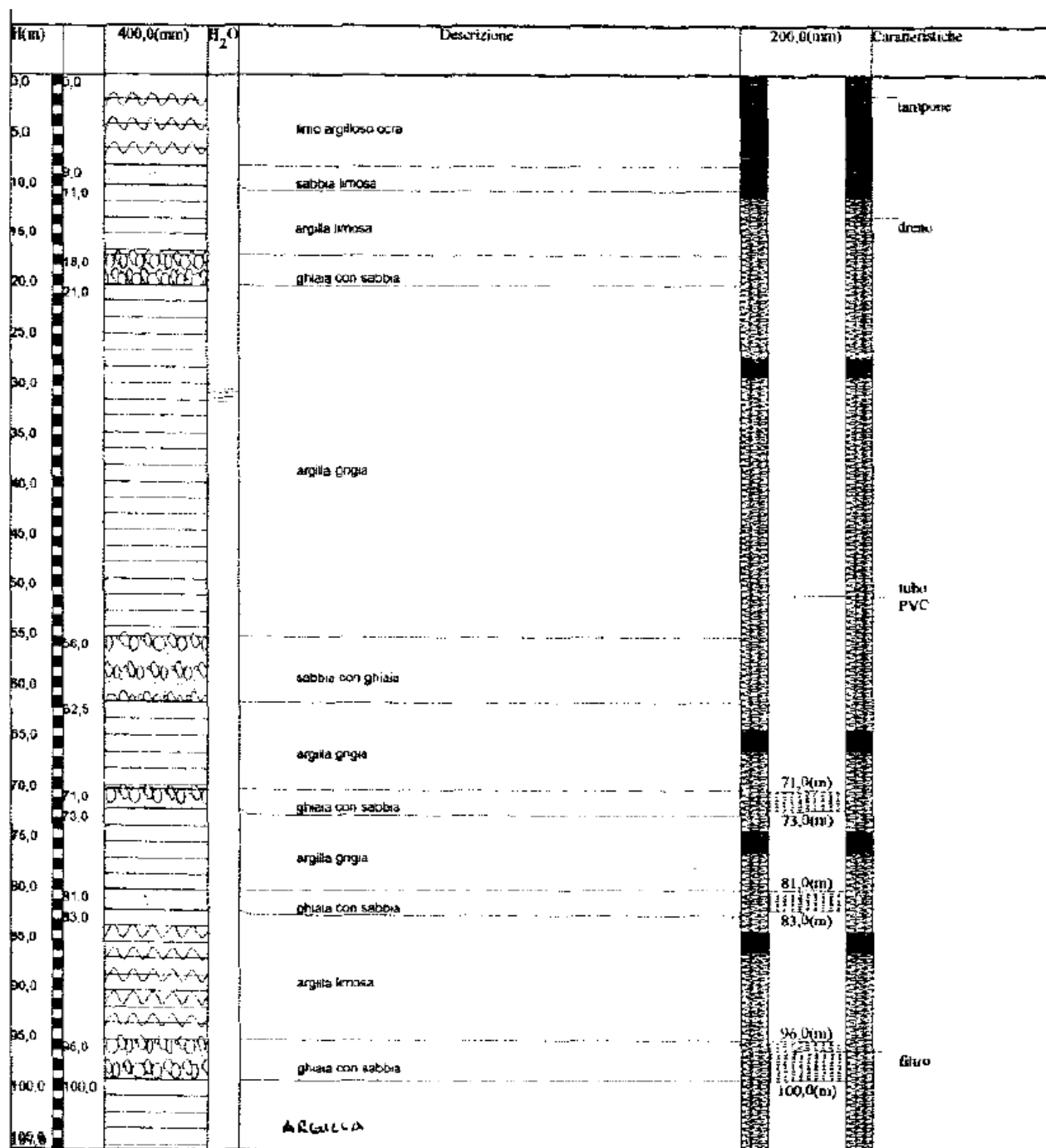
5. PROVE DI PORTATA (livello piezometrico in metri da P.R.)

DATA	LIV.STAT.INIZ.	PORTATA l/s	LIV.DINAMICO	ABBASS. mt

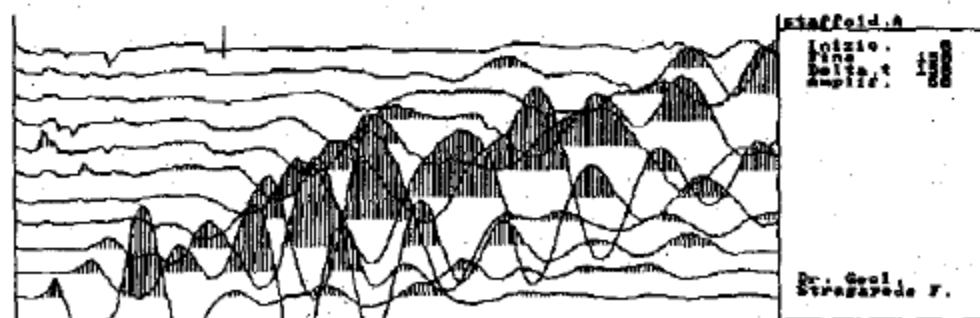
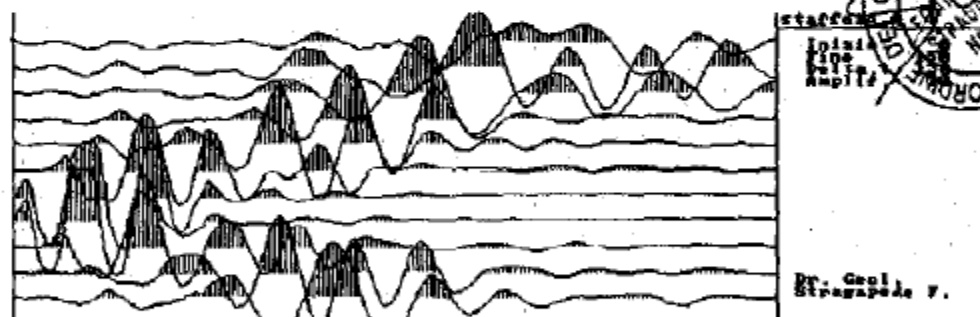
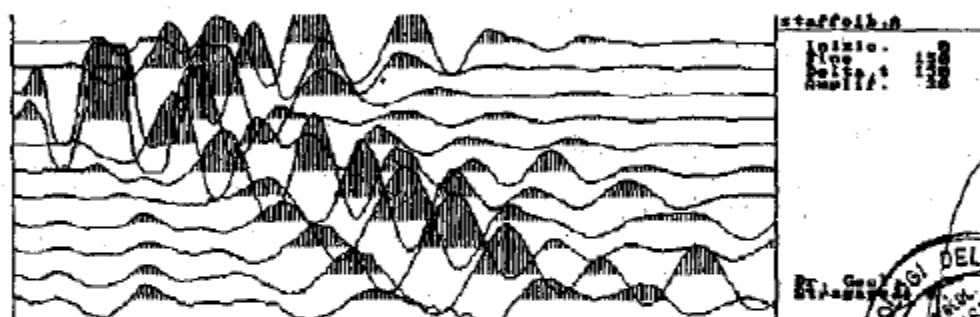
6. OSSERVAZIONI

.....

.....



SISMOGRAMMI DI CAMPAGNA



sezione geofisica - sismica a rifrazione

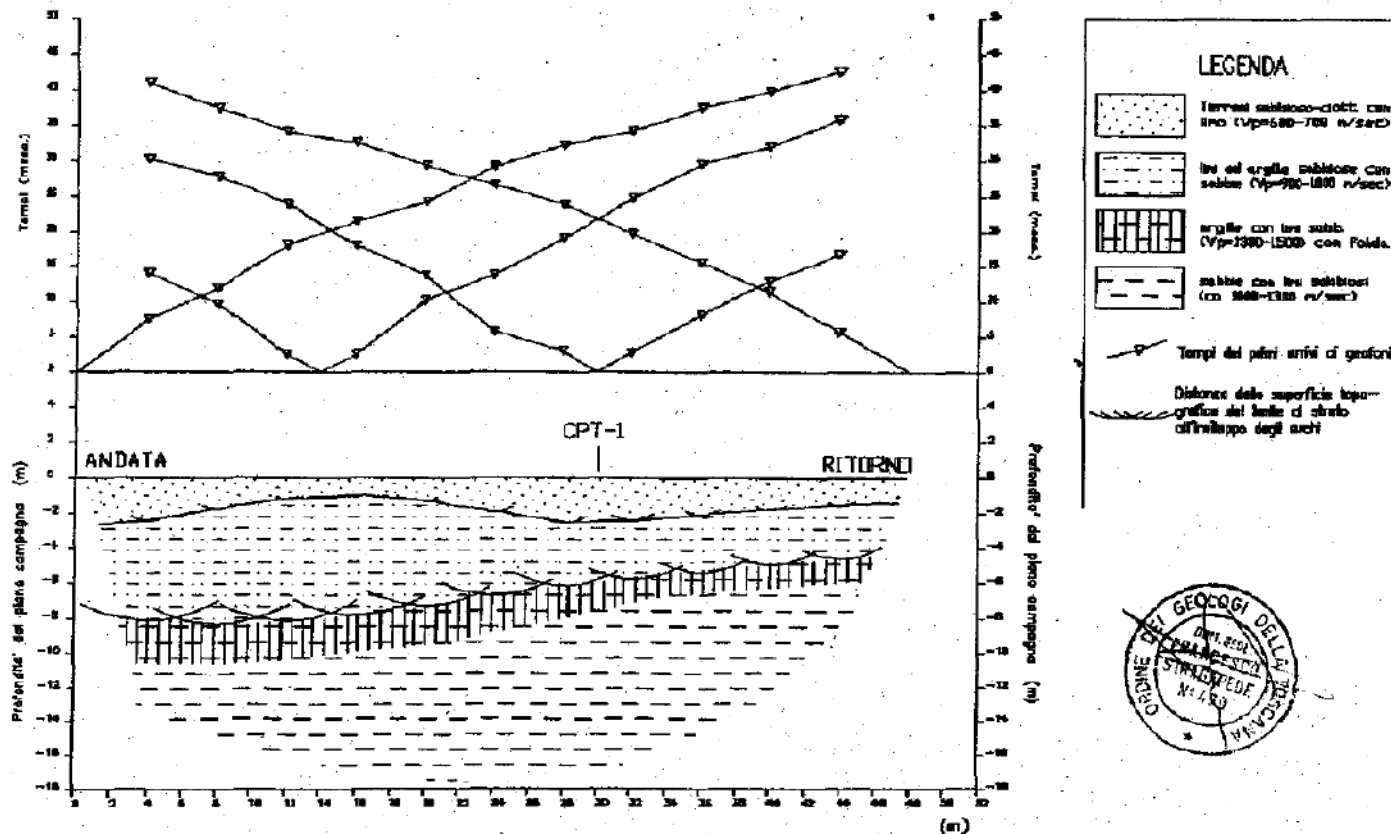
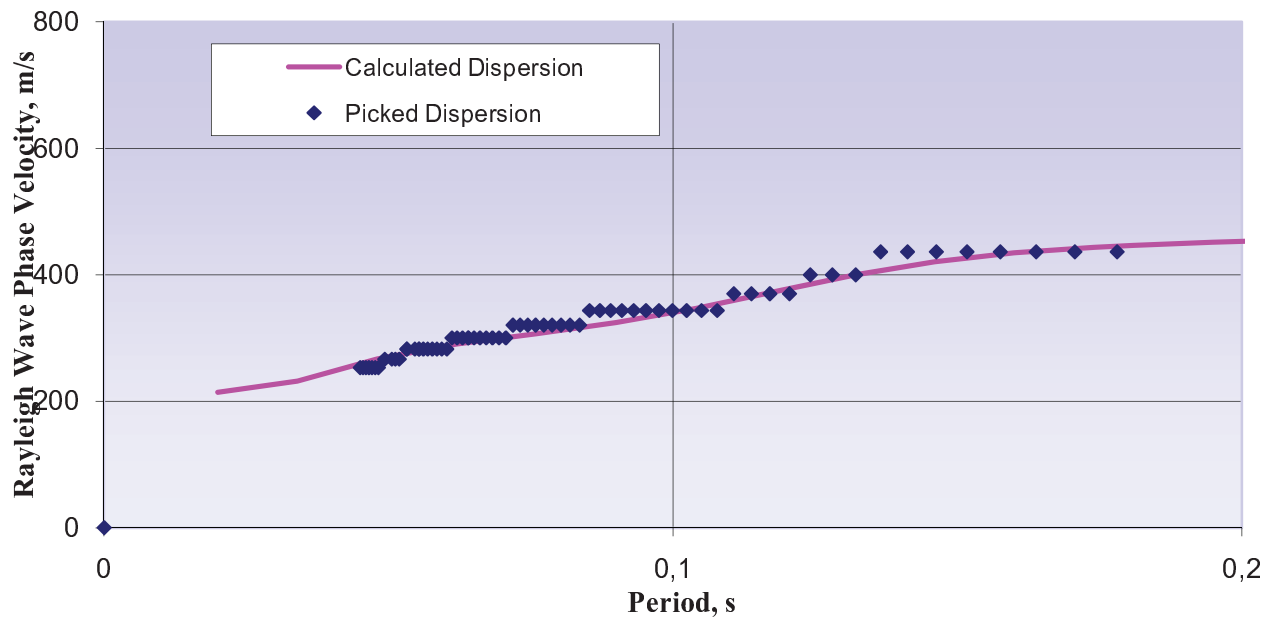


tabella parametri elasto-meccanici

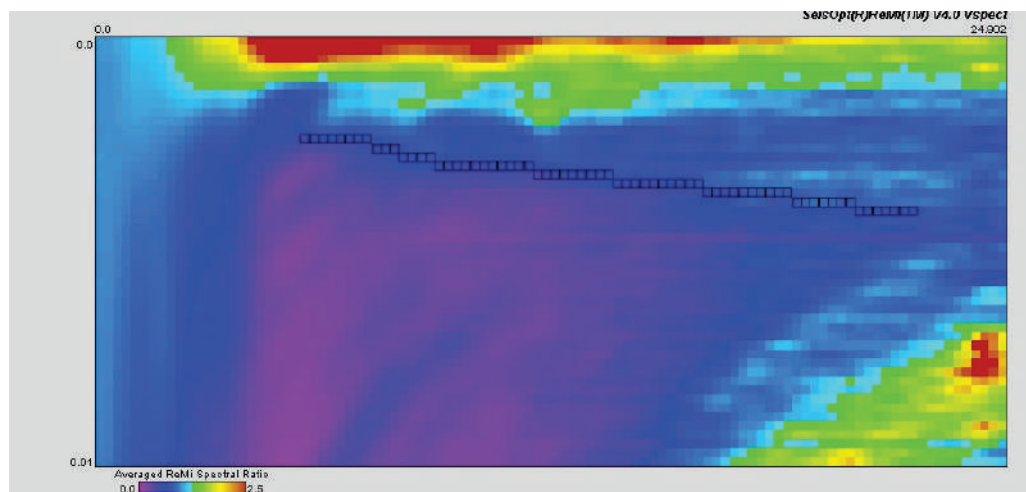
FACIES LITOLOGICA STRATO	Vel. onde P m/s	Vel. onde S m/s	mod. Poisson	mod. Young din. kg/cmq	mod. Young stat. kg/cmq	ID (Vp/Vs)%	IQ (Vp/Vs)%	densità nat. gr/cm³	Nepi	angolo attrito gradi	carico UCS kg/cmq
I - terr. sabb.-ciott. di copertura	600-700	200-250	0.43-0.44	---	---	2.8-3.0	< 25	1.7-1.8	5-15	13-15	< 1.0
II - limi - argille marcat. sabbiose	900-1000	450-500	0.32-0.34	10000-15000	120 (m. 2.0-4.0) 80 (m. 4.0-7.5)	1.9-2.1	30-45	1.8-2.0	15-25	28-31	2.5-3.0
III - argille (OCR > 6) con limi sab.	1300-1500	750-850	0.29-0.31	30000-35000	350	1.8-1.9	40-60	2.1-2.2	30-40	---	3.2-4.5
IV - sabbie con limi argillosi	(1000-1300)	---	---	(15000-20000)	-130	2.2-2.4	35-45	2.0-2.1	15-30	21-23	---

Re.Mi. 2

Dispersion Curve Showing Picks and Fit

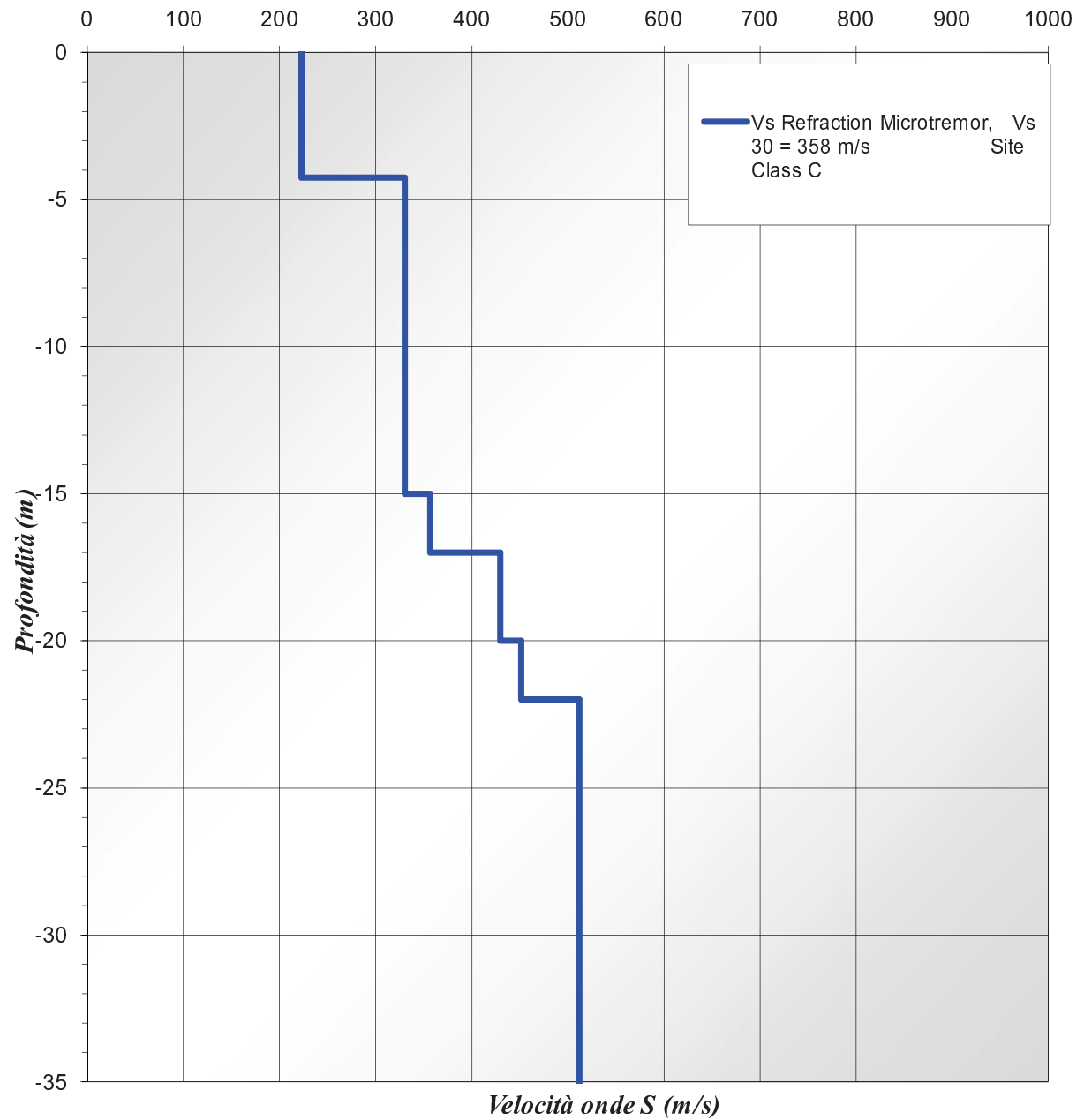


p-f Image with Dispersion Modeling Picks



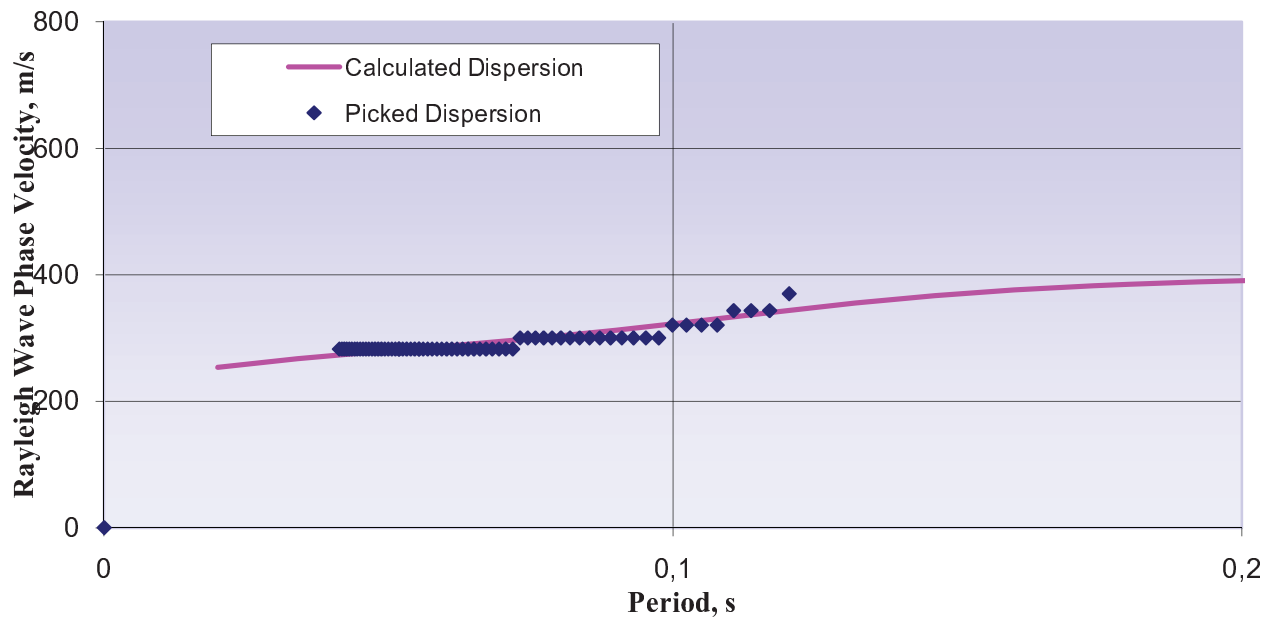
Re.Mi. 2

Shear-Wave Velocity Profile from SeisOpt ReMi Software Analysis

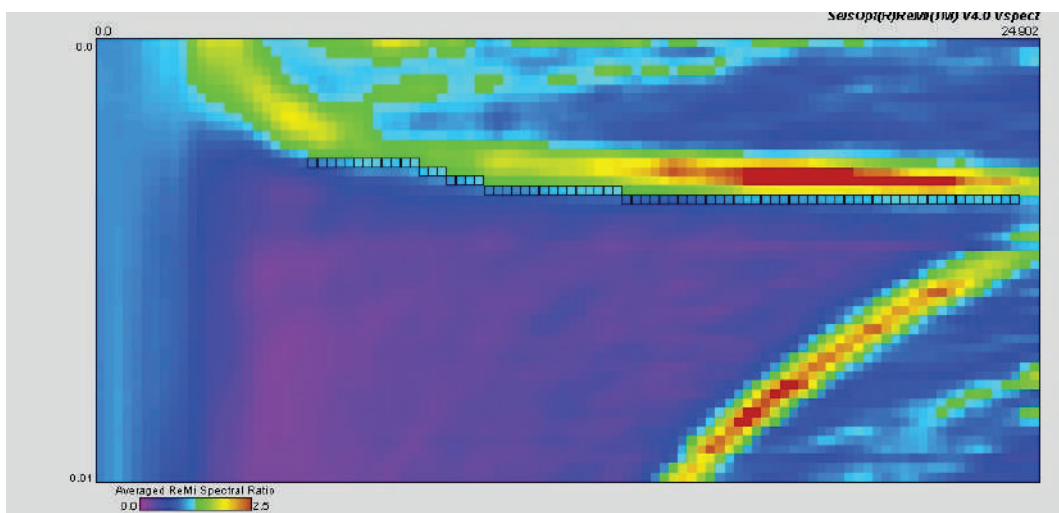


Re.Mi. 3

Dispersion Curve Showing Picks and Fit

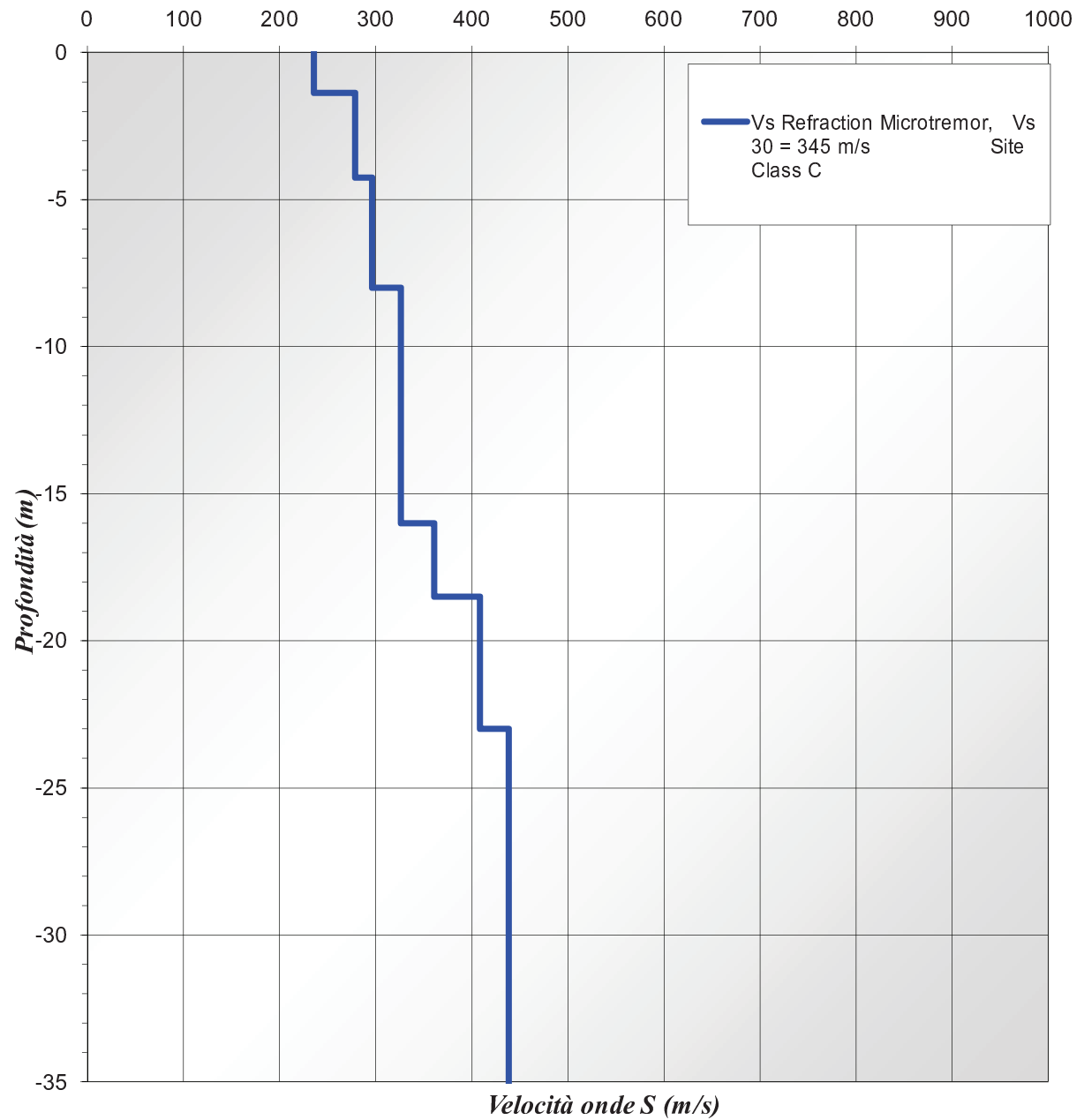


p-f Image with Dispersion Modeling Picks



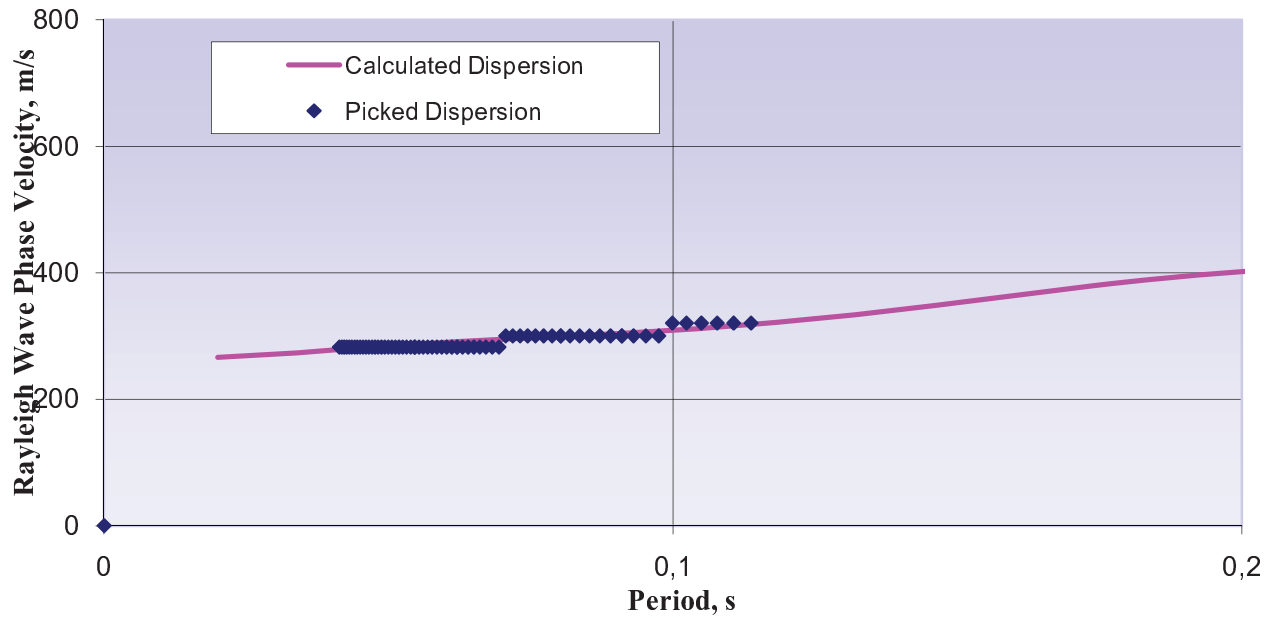
Re.Mi. 3

Shear-Wave Velocity Profile from SeisOpt ReMi Software Analysis

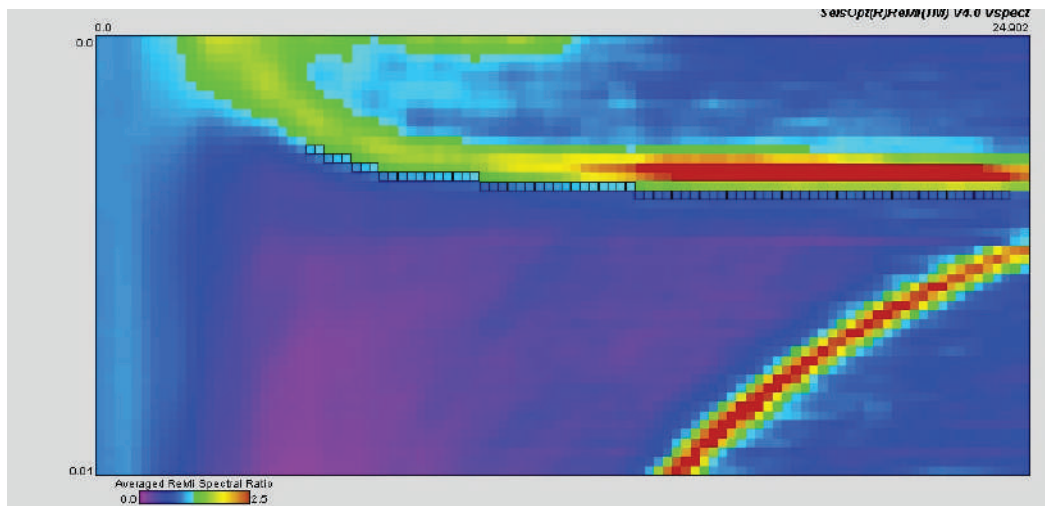


Re.Mi. 4

Dispersion Curve Showing Picks and Fit

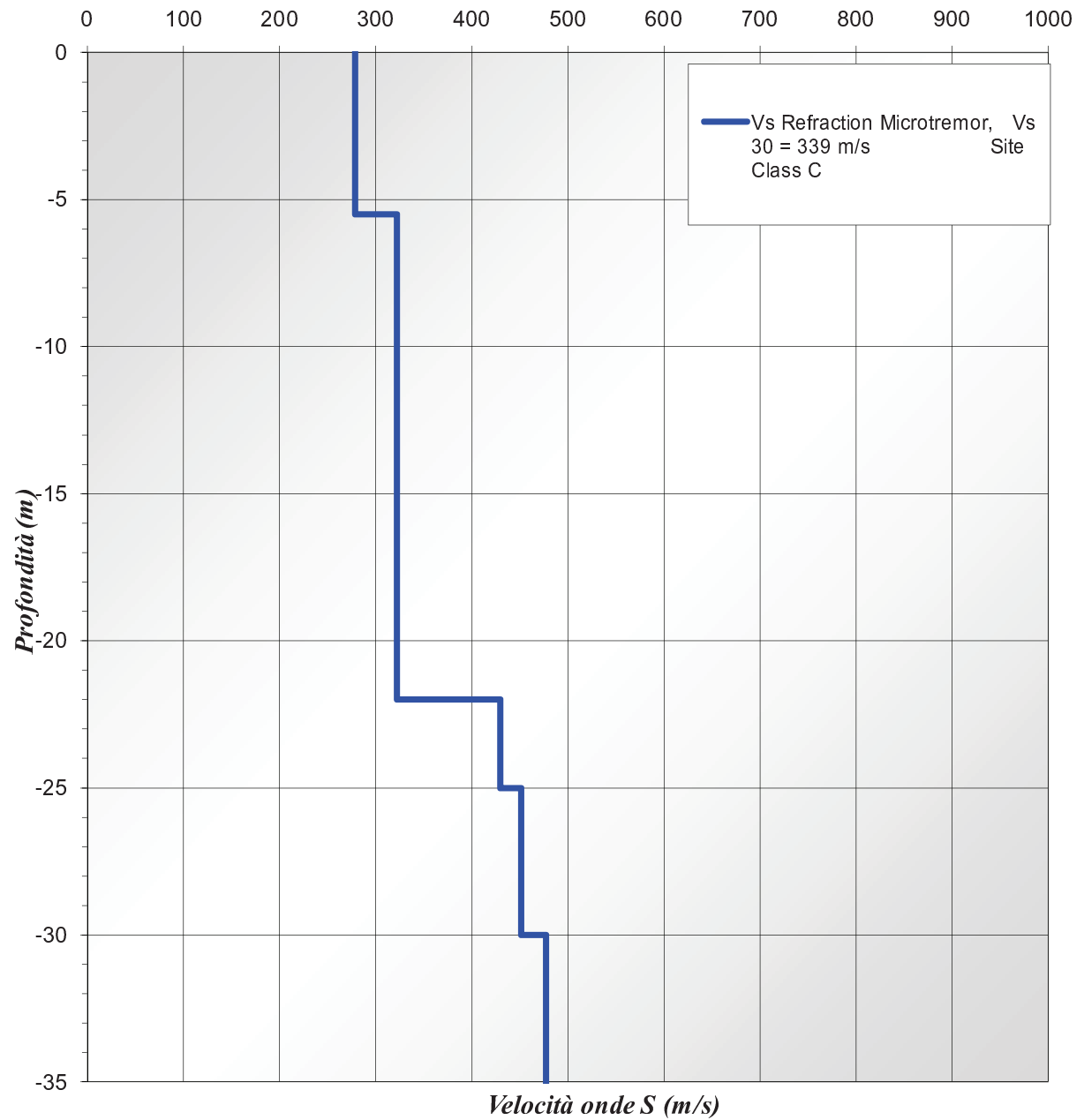


p-f Image with Dispersion Modeling Picks



Re.Mi. 4

Shear-Wave Velocity Profile from SeisOpt ReMi Software Analysis



ALLEGATO 1

Elaborati dati geognostici, sismici e idrogeologici
di archivio estratti dalla Variante al P.S. comunale

RELAZIONE TECNICA

Committente: Comune di
Santa Croce sull'Arno

Località: Staffoli
Santa Croce sull'Arno (PI)

Data Indagine: 29/06/2018

Codice lavoro: 180629a

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

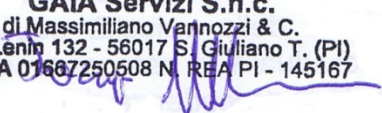
Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 03/07/2018

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT 1

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica $\varnothing$ 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm}$ - $h = 133 \text{ mm}$ - $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- 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 $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = 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 CT .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata alla stessa quota della punta .

CONVERSIONI

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

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N $\approx$ 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa $\approx$ 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa $\approx$ 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² $\approx$ 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg $\approx$ 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),
ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \% :$**

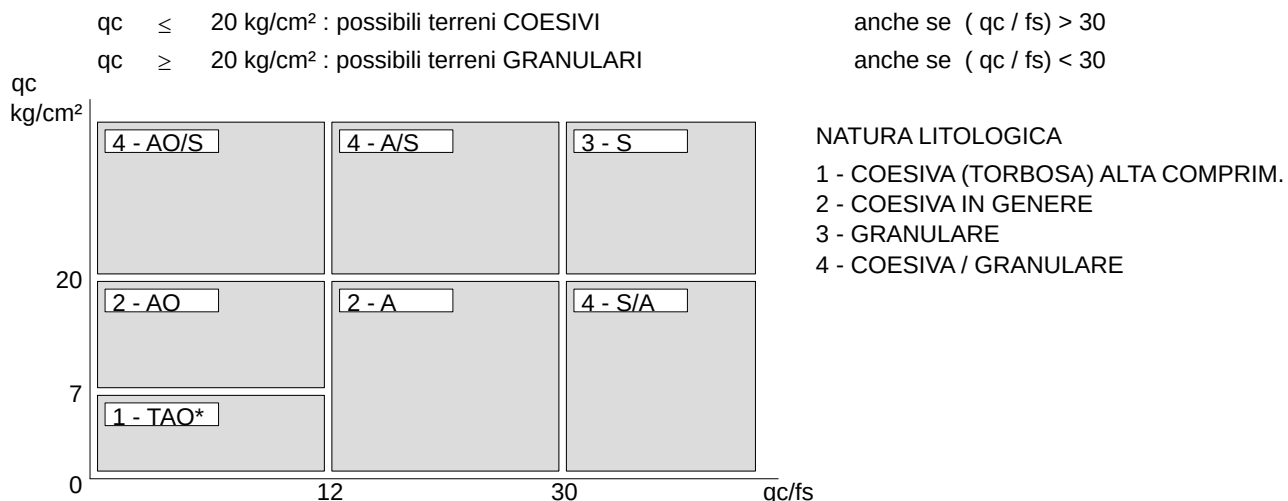
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia 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 SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : Cu - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - Cu - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - Cu - OCR - Ip Ip = ind.plast.]
 Eu_{50} - Eu_{25} 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 ed altri 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 granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- $\emptyset'$ = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : $\emptyset'$ - Dr - qc - σ'_{vo})
 - $\emptyset'_{Ca}$ - Caquot (1948) $\emptyset'_{Ko}$ - Koppejan (1948)
 - $\emptyset'_{DB}$ - De Beer (1965) $\emptyset'_{Sc}$ - Schmertmann (1978)
 - $\emptyset'_{DM}$ - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) $\emptyset'_{Me}$ - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- $F.L.$ = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Yoshida Motonori 1988)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	180629a
	certificato n°	334/18

Committente: Comune di Santa Croce sull'Arno	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 29/06/2018
Cantiere: 180629a	Pagina: 1	Data certificato: 03/07/2018
Località: Staffoli - Santa Croce sull'Arno (PI)	Elaborato:	Falda: -3,50 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00										
0,40	75,0	94	0	75,00	1,27	59	1,7								
0,60	59,0	104	0	59,00	3,00	20	5,1								
0,80	49,0	90	0	49,00	2,73	18	5,6								
1,00	37,0	73	0	37,00	2,37	16	6,4								
1,20	124,0	174	0	124,00	3,33	37	2,7								
1,40	62,0	91	0	62,00	1,93	32	3,1								
1,60	100,0	150	0	100,00	3,33	30	3,3								
1,80	61,0	116	0	61,00	3,67	17	6,0								
2,00	91,0	139	0	91,00	3,20	28	3,5								
2,20	88,0	159	0	88,00	4,73	19	5,4								
2,40	74,0	107	0	74,00	2,20	34	3,0								
2,60	72,0	137	0	72,00	4,33	17	6,0								
2,80	89,0	124	0	89,00	2,33	38	2,6								
3,00	55,0	106	0	55,00	3,42	16	6,2								
3,20	60,0	89	0	60,00	1,93	31	3,2								
3,40	65,0	114	0	65,00	3,27	20	5,0								
3,60	88,0	115	0	88,00	1,80	49	2,0								
3,80	37,0	71	0	37,00	2,24	17	6,1								
4,00	38,0	54	0	38,00	1,07	36	2,8								
4,20	39,0	54	0	39,00	1,00	39	2,6								
4,40	36,0	67	0	36,00	2,09	17	5,8								
4,60	54,0	72	0	54,00	1,20	45	2,2								
4,80	42,0	74	0	42,00	2,13	20	5,1								
5,00	39,0	71	0	39,00	2,13	18	5,5								
5,20	56,0	67	0	56,00	0,73	77	1,3								
5,40	40,0	77	0	40,00	2,48	16	6,2								
5,60	73,0	135	0	73,00	4,13	18	5,7								
5,80	78,0	138	0	78,00	4,00	20	5,1								
6,00	76,0	146	0	76,00	4,64	16	6,1								
6,20	71,0	131	0	71,00	4,00	18	5,6								
6,40	49,0	94	0	49,00	2,97	16	6,1								
6,60	19,0	36	0	19,00	1,12	17	5,9								
6,80	18,0	35	0	18,00	1,12	16	6,2								
7,00	16,0	23	0	16,00	0,47	34	2,9								
7,20	26,0	38	0	26,00	0,80	33	3,1								
7,40	17,0	28	0	17,00	0,73	23	4,3								
7,60	25,0	42	0	25,00	1,13	22	4,5								
7,80	24,0	41	0	24,00	1,13	21	4,7								
8,00	29,0	45	0	29,00	1,07	27	3,7								
8,20	26,0	44	0	26,00	1,20	22	4,6								
8,40	41,0	65	0	41,00	1,60	26	3,9								
8,60	118,0	132	0	118,00	0,93	127	0,8								
8,80	73,0	141	0	73,00	4,51	16	6,2								
9,00	61,0	117	0	61,00	3,76	16	6,2								
9,20	72,0	124	0	72,00	3,47	21	4,8								
9,40	76,0	131	0	76,00	3,67	21	4,8								
9,60	78,0	123	0	78,00	3,00	26	3,8								
9,80	76,0	129	0	76,00	3,53	22	4,6								
10,00	89,0	122	0	89,00	2,20	40	2,5								
10,20	83,0	112	0	83,00	1,93	43	2,3								
10,40	72,0	98	0	72,00	1,73	42	2,4								
10,60	76,0	103	0	76,00	1,80	42	2,4								
10,80	85,0	133	0	85,00	3,20	27	3,8								
11,00	86,0	126	0	86,00	2,67	32	3,1								
11,20	88,0	134	0	88,00	3,07	29	3,5								
11,40	84,0	132	0	84,00	3,20	26	3,8								
11,60	95,0	136	0	95,00	2,73	35	2,9								
11,80	139,0	214	0	139,00	5,00	28	3,6								
12,00	98,0	136	0	98,00	2,53	39	2,6								
12,20	42,0	79	0	42,00	2,45	17	5,8								
12,40	30,0	40	0	30,00	0,67	45	2,2								
12,60	24,0	42	0	24,00	1,20	20	5,0								
12,80	27,0	43	0	27,00	1,07	25	4,0								
13,00	28,0	46	0	28,00	1,20	23	4,3								
13,20	33,0	50	0	33,00	1,13	29	3,4								
13,40	37,0	57	0	37,00	1,33	28	3,6								
13,60	75,0	129	0	75,00	3,60	21	4,8								
13,80	90,0	139	0	90,00	3,27	28	3,6								
14,00	144,0	203	0	144,00	3,93	37	2,7								
14,20	184,0	252	0	184,00	4,53	41	2,5								
14,40	500,0	550	0	500,00	3,33	150	0,7								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
1

riferimento

180629a

certificato n°

334/18

 Committente: **Comune di Santa Croce sull'Arno**

 Cantiere: **180629a**

 Località: **Staffoli - Santa Croce sull'Arno (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:75**

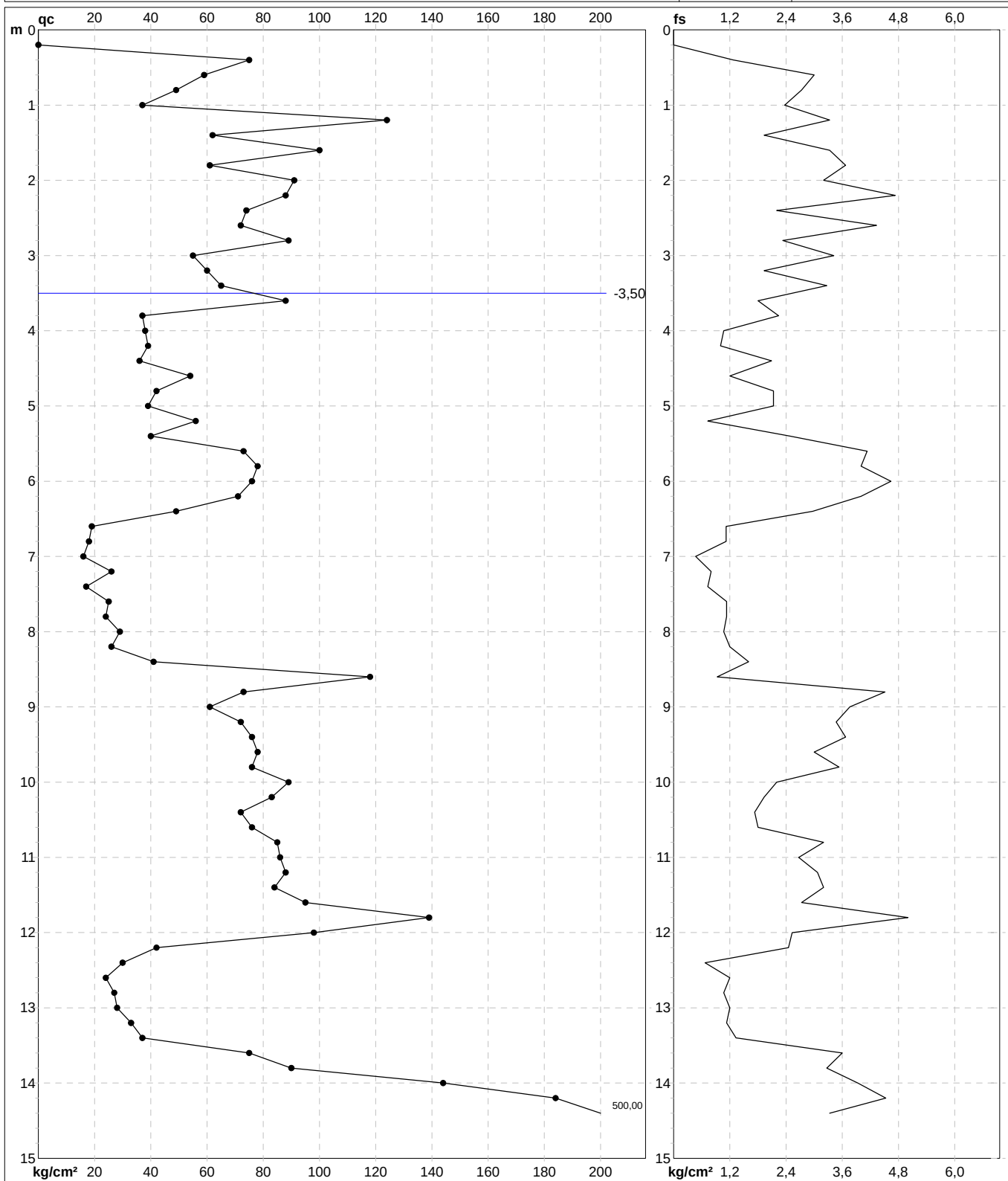
 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **29/06/2018**

 Data certificato: **03/07/2018**

Quota inizio:

 Falda: **-3,50 m** da p.c.

 Penetrometro: **TG63-200**
 Responsabile: **Geol. Jacopo Martini**
 Assistente:

 Preforo: **m**
 Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

riferimento

180629a

certificato n°

334/18

 Committente: **Comune di Santa Croce sull'Arno**

 Cantiere: **180629a**

 Località: **Staffoli - Santa Croce sull'Arno (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

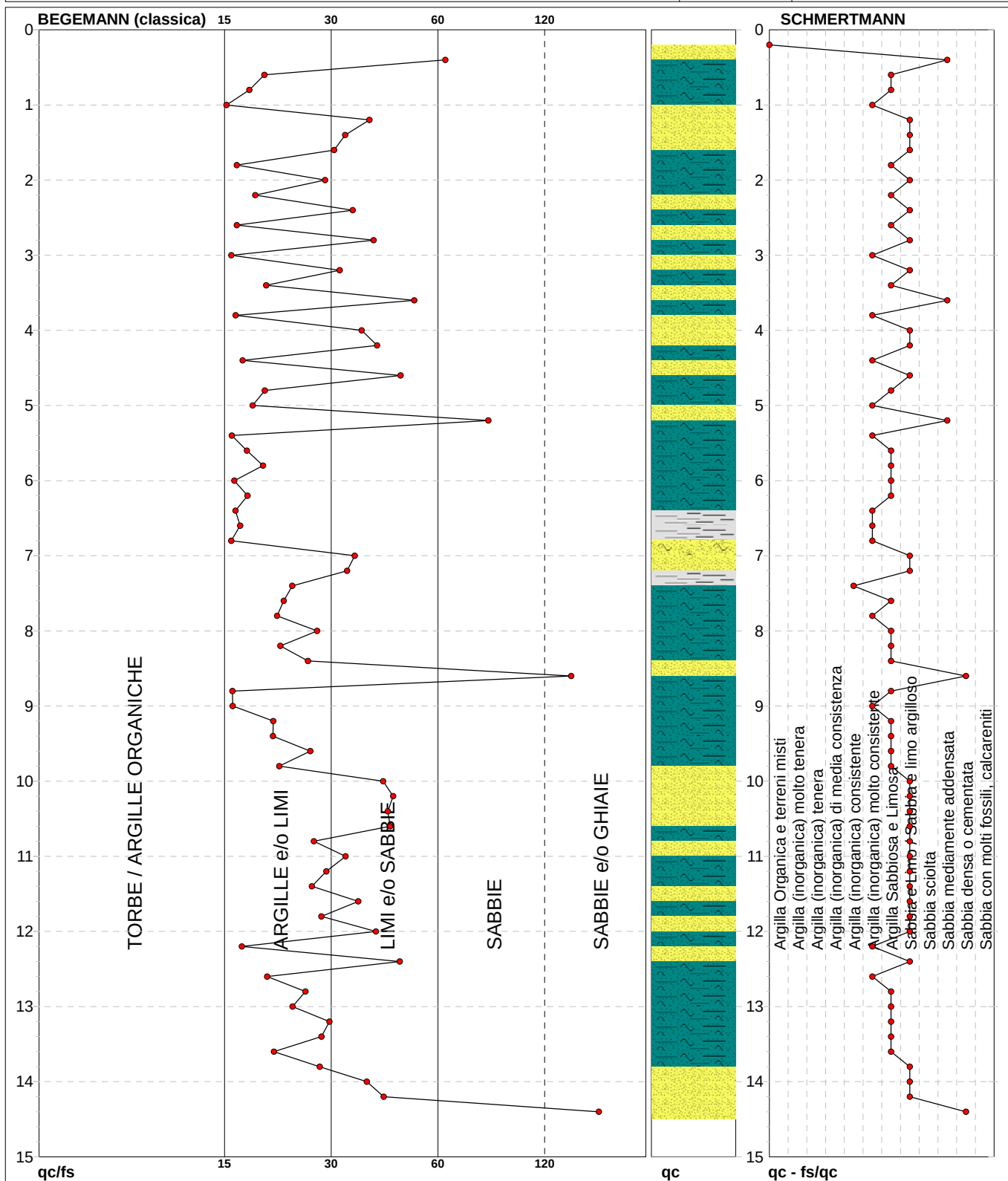
 Scala: **1:75**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **29/06/2018**

 Data certificato: **03/07/2018**

 Falda: **-3,50 m da p.c.**


Torbe / Argille org. :	4 punti,	5,41%
Argille e/o Limi :	45 punti,	60,81%
Limi e/o Sabbie :	23 punti,	31,08%
Sabbie:	1 punti,	1,35%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti,	2,70%

Argilla (inorganica) consistente:	1 punti,	1,35%
Argilla (inorganica) molto consist.:	13 punti,	17,57%

Argilla Sabbiosa e Limosa:	25 punti,	33,78%
Sabbia e Limi / Sabbia e limo arg.:	27 punti,	36,49%
Sabbia mediamente addensata:	3 punti,	4,05%
Sabbia densa o cementata:	2 punti,	2,70%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	referimento	180629a
	certificato n°	334/18

Committente: Comune di Santa Croce sull'Arno	U.M.: kg/cm²	Data eseg.: 29/06/2018
Cantiere: 180629a		Data certificato: 03/07/2018
Località: Staffoli - Santa Croce sull'Arno (PI)	Pagina: 1	
	Elaborato:	Falda: -3,50 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
0,20	--	--	?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--</



ALLEGATO 3

Studio di Microzonazione Sismica MS di Livello 1
eseguito a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale

INDICE

	Premessa _____	Pag.2
1	Indagine di sismica passiva HVSR eseguita a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale _____	Pag.4
2	Analisi dei risultati _____	Pag.5

TAVOLE

TAV.3.1	Carta delle Frequenze Misurate in Scala 1:5.000
TAV.3.2	Carta delle MOPS in Scala 1:5.000

ALLEGATI

ALL.3.a	Elaborati indagini di sismica passiva HVSR estratti dalla Variante n.10 al R.U. comunale
ALL.3.b	Elaborati indagini sismiche MASW e HVSR eseguite a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale

PREMESSA

La presente relazione e gli elaborati cartografici sono redatti in ottemperanza al D.P.G.R. del n.53/R/2011 (Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 - Norme per il governo del territorio, in materia di indagini geologiche), secondo i criteri dell'Allegato A, Punto C5.

Gli studi di microzonazione individuano le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, sono individuati tre livelli di approfondimento con complessità ed impegno crescente: in sede di pianificazione territoriale viene richiesto di eseguire almeno gli studi di Livello 1 che sono propedeutici ai successivi, e che consistono in una raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Tale livello è finalizzato alla realizzazione della "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)" che individua le microzone dove, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dei dati derivati da indagini sismiche, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica.

Nello specifico la normativa richiede, a supporto della stesura della carta di primo livello, di individuare le:

- zone nelle quali non sono previste significative modifiche dello scuotimento che l'evento sismico causerebbe su terreni rigidi e pianeggianti;
- zone nelle quali lo scuotimento è amplificato per stratigrafia, topografia e per morfologie sepolte;
- zone suscettibili di frane in terreni e in roccia;
- zone suscettibili di liquefazioni e/o addensamento;
- zone interessate da faglie attive e capaci e/o strutture tettoniche;
- zone interessate da cedimenti diffusi e differenziali;
- zone di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti.

Lo studio di microzonazione sismica di Livello 1 in oggetto è stato effettuato sulle analisi delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche dell'area in variante n.15 e delle indagini geognostiche e geofisiche di seguito indicate:

- indagini geognostiche di archivio estratte dagli elaborati di supporto alla variante al P.S. comunale vigente (Allegato 1), integrate con n.1 nuova prova penetrometrica statica eseguita nell'area di Variante (indicata con l'identificativo CPT.1 in Tav.4 e riportata in Allegato 2);
- indagini sismiche superficiali di archivio estratte dagli elaborati di supporto alla variante al P.S. comunale vigente (indicate con l'identificativo 2,3,4 in Tav.4 e riportate in Allegato 1), comparate ed integrate con n.1 nuova indagine MASW eseguita nell'area di Variante (indicata con l'identificativo MASW in Tav.4 e riportata in Allegato 3b);

- indagini in sismica passiva HVSR realizzate a supporto della Variante n.10 al R.U. comunale (indicate con gli identificativi STA1, STA2 e STA3 in Tav.4 e riportate in Allegato 3a), comparsate ed integrate con n.1 nuova misura HVSR eseguita nell'area di Variante (indicata con l'identificativo HVSR in Tav.4 e riportata in Allegato 3b).

Le indagini sopra indicate hanno condotto all'elaborazione della Carta delle Frequenze Misurate e della Carta delle MOPS attraverso cui è stata successivamente realizzata, seguendo i criteri del D.P.G.R. n.53/R/2011, la Carta della Pericolosità Sismica Locale.

1. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR ESEGUITA A SUPPORTO DELLA VARIANTE N.16 AL R.U.COMUNALE

Il giorno 29 Giugno 2018 si è provveduto all'esecuzione di n.1 indagine di sismica passiva HVSR all'interno del territorio oggetto di Variante n.16 in oggetto (HVSR indicata nella Tav.4 ed in Allegato 3b); l'indagine è stata effettuata dalla ditta GAIA Servizi S.n.c. di San Giuliano Terme (PI).

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) 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 sono la frequenza caratteristica di risonanza del sito, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, ove determinabile, e la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine.

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit.

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W); sono state eseguite n.1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations*, 2005).

2. ANALISI DEI RISULTATI

I risultati ottenuti dalla misura tromometrica effettuate possono, in sintesi, essere riassunti come di seguito indicato:

La stazione di misura HVSR ha individuato un picco con significato stratigrafico a 2,5 Hz ($H/V = 3,0$).

Le misure tromometriche realizzate nella Scheda n.11 della Variante n.10 al R.U. comunale, prossima all'area dell'intervento in oggetto (STA1, STA2 e STA3 indicate nella Tav.4 ed in Allegato 3a) possono, inoltre, essere riassunte in sintesi come di seguito indicato:

STA1:

Picco con significato stratigrafico a 2,44 Hz ($H/V=2,8$), piuttosto blando, stazionario e leggermente direzionale. Classif. B2.

Picco a 40,16 Hz ($H/V=3,9$) stazionario e non direzionale, in parte obliterato da disturbi.

STA2:

Picco con significato stratigrafico a 2,41 Hz ($H/V=2,9$), stazionario, non direzionale. Classif. A1.

Picco a 32,81 Hz ($H/V=3,2$) stazionario e non direzionale, con possibile significato litostratigrafico, in parte obliterato da disturbi alle alte frequenze.

STA3:

Picco molto blando a 2,44 Hz ($H/V=2,5$), poco stazionario e leggermente direzionale, avente comunque un significato stratigrafico. Classif. A2.

Picco a 39,03 Hz ($H/V=3,8$), con significato litostratigrafico, stazionario e non direzionale.

Nella Carta delle Frequenze Misurate (Tav.3.1) sono stati riportati i punti di misura tromometrica sopra indicati (rappresentati con diversa simbologia in funzione dei loro valori di frequenza e di ampiezza misurati), la misura effettiva della loro frequenza fondamentale ed i rispettivi diagrammi di rapporto spettrale H/V ; inoltre per una migliore lettura del contesto sismico in cui ci troviamo sono state riportate le principali caratteristiche litotecniche della zona, riprese dalla Carta Litologico Tecnica di supporto al vigente P.S. comunale.

Esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V , pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute): riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

In tal senso l'analisi congiunta dell'indagine sismica MASW, volta alla conoscenza delle V_s , con quella del microtremore H/V sopra indicate, ha mostrato la presenza di picchi con frequenza di 2,41-2,5 Hz: i terreni in questione hanno dunque evidenziato la presenza di contrasti di impedenza significativi, ottenendo un diagramma H/V con picchi sostanziali a profondità di circa 30-35 m dal p.c. ad indicare un passaggio litostratigrafico a formazioni più veloci che costituiscono il substrato sismico, probabilmente riconducibili alle formazioni del Villafranchiano inferiore.

Sulla base di quanto analizzato appare plausibile ricondurre l'area interessata dalla Variante n.16 a situazioni sismiche di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un medio-alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato entro alcune decine di metri (passaggio di velocità più graduale da sedimenti con Vs di 290 m/s a sedimenti con Vs di 360 m/s, a sedimenti con Vs pari a 700 m/s), distinte puntualmente come di seguito indicato (Tav.3.2):

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

(con un medio-alto contrasto di impedenza sismica)

- Zona 1 - Altopiano delle Cerbaie Zona di Staffoli
Depositi alluvionali del Bacino Cerbaie-Altopascio "Terrazzo delle Cerbaie"
- Zona 2 - Altopiano delle Cerbaie Zona di Staffoli
Formazione di Casa Poggio ai Lecci

Sulla base di quanto sopra alla Variante n.16 stata attribuita la Classe di Pericolosità Sismica Locale elevata S.3 (Tav.10) e pertanto una Classe di Fattibilità Sismica condizionata F.3 (Ta.11).

Empoli, 17/07/2018

Geol. Annalisa Masoni

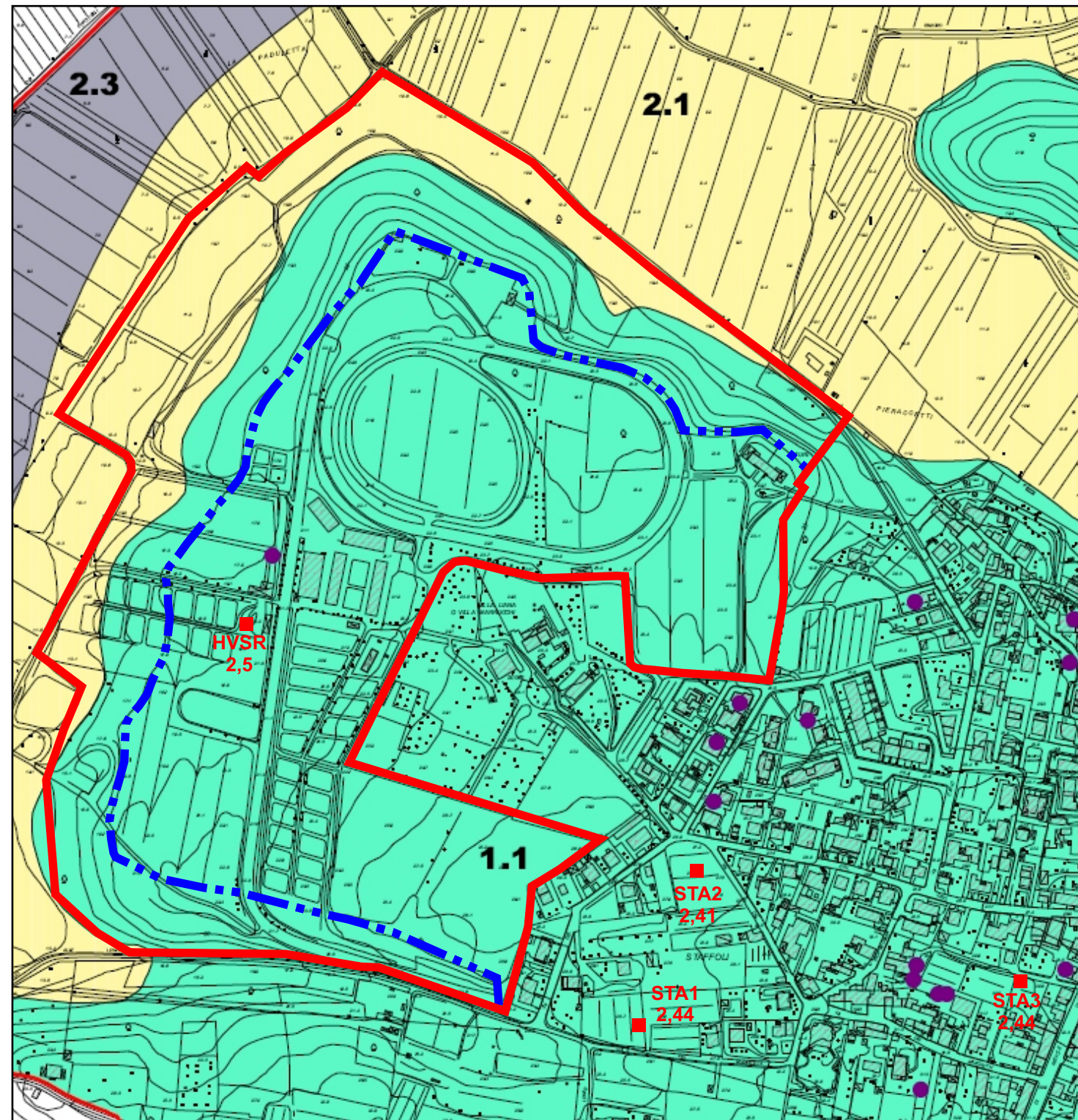


TAV.3.1
Carta delle Frequenze Misurate
 Scala 1:5.000

 perimetrazione area oggetto di Variante n.16 al R.U.

 delimitazione area con vincolo di inedificabilità

Estratto da "Carta Litologico Tecnica"



UNITA' LITOTECNICA	CARATTERISTICHE	UNITA' LITOSTRATIGRAFICA
Area di collina	Successioni Ghiaiose - Sabbiose e Limose	SRMg - CPLsp - CPLsc
1.1	Successioni di litotipi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi	
1.2	Successioni di litotipi prevalentemente sabbioso-limosi	MST - SRMs - R
1.3	Successioni di litotipi prevalentemente limoso-sabbiosi	ALAm

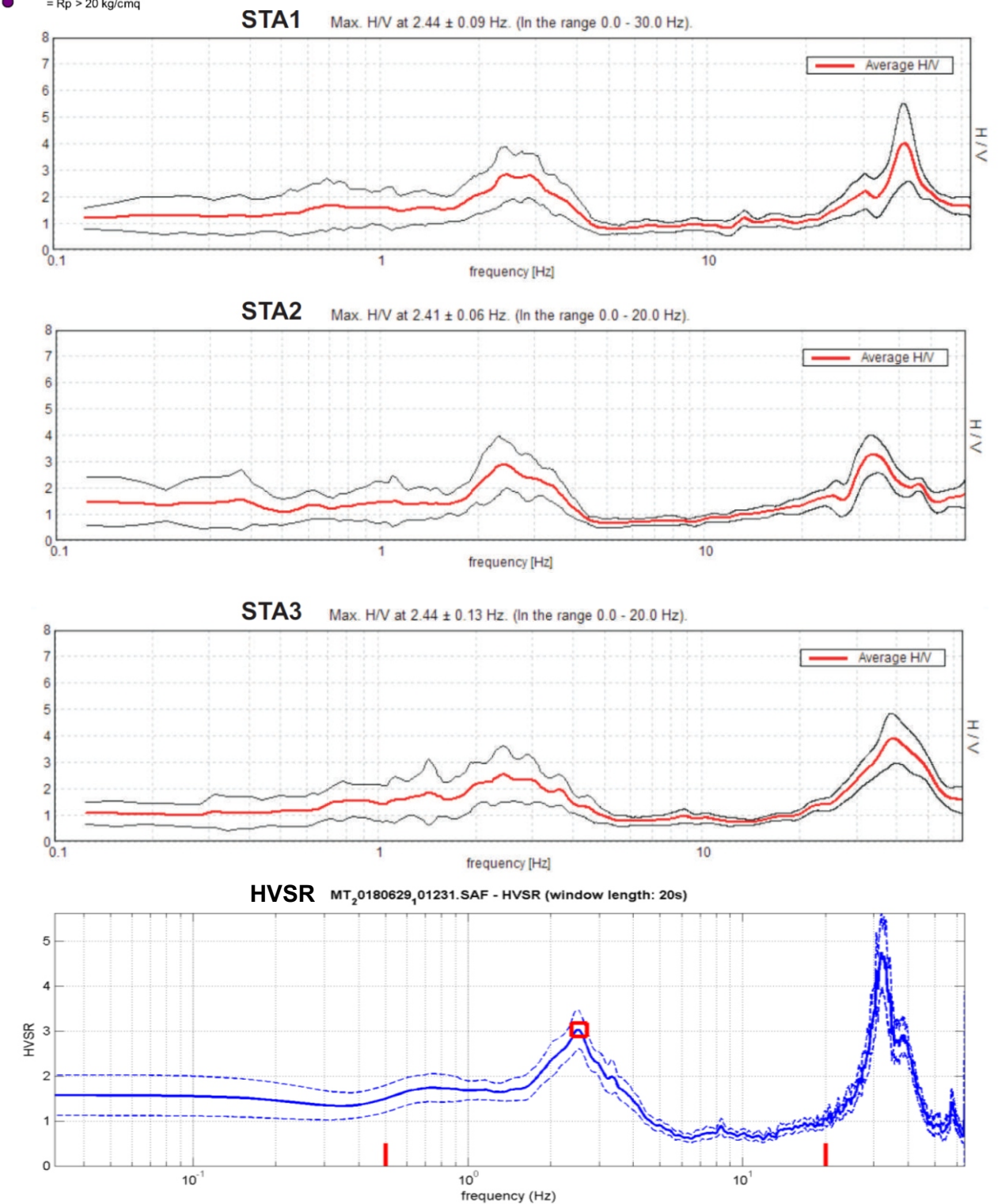
Area di pianura	Successioni Argillose - Limose e Sabbiose	ALRs
2.1	Successioni di litotipi prevalentemente limoso - sabbiosi	
2.2	Successioni di litotipi prevalentemente argilloso - limosi	ALRI - AG
2.3	Successioni di litotipi prevalentemente argillosi	P

Prove CPT
 (Resistenza media alla punta del penetrometro nei primi 3 m di prof.)

- = $R_p < 10 \text{ kg/cm}^2$
- = $10 < R_p < 20 \text{ kg/cm}^2$
- = $R_p > 20 \text{ kg/cm}^2$

HVSr 2.5 Misura tromometrica
 Frequenza fondamentale

Frequenza (Hz)	Ampiezza
 no picco	 $\leq 2,5$
 $< 1,0$	 2,5 - 3,5
 1,0 - 1,5	 $\geq 3,5$
 1,5 - 2,0	
 $> 2,0$	



TAV.3.2

Carta della Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)

Scala 1:5.000

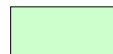
 perimetrazione area oggetto
di Variante n.16 al R.U.

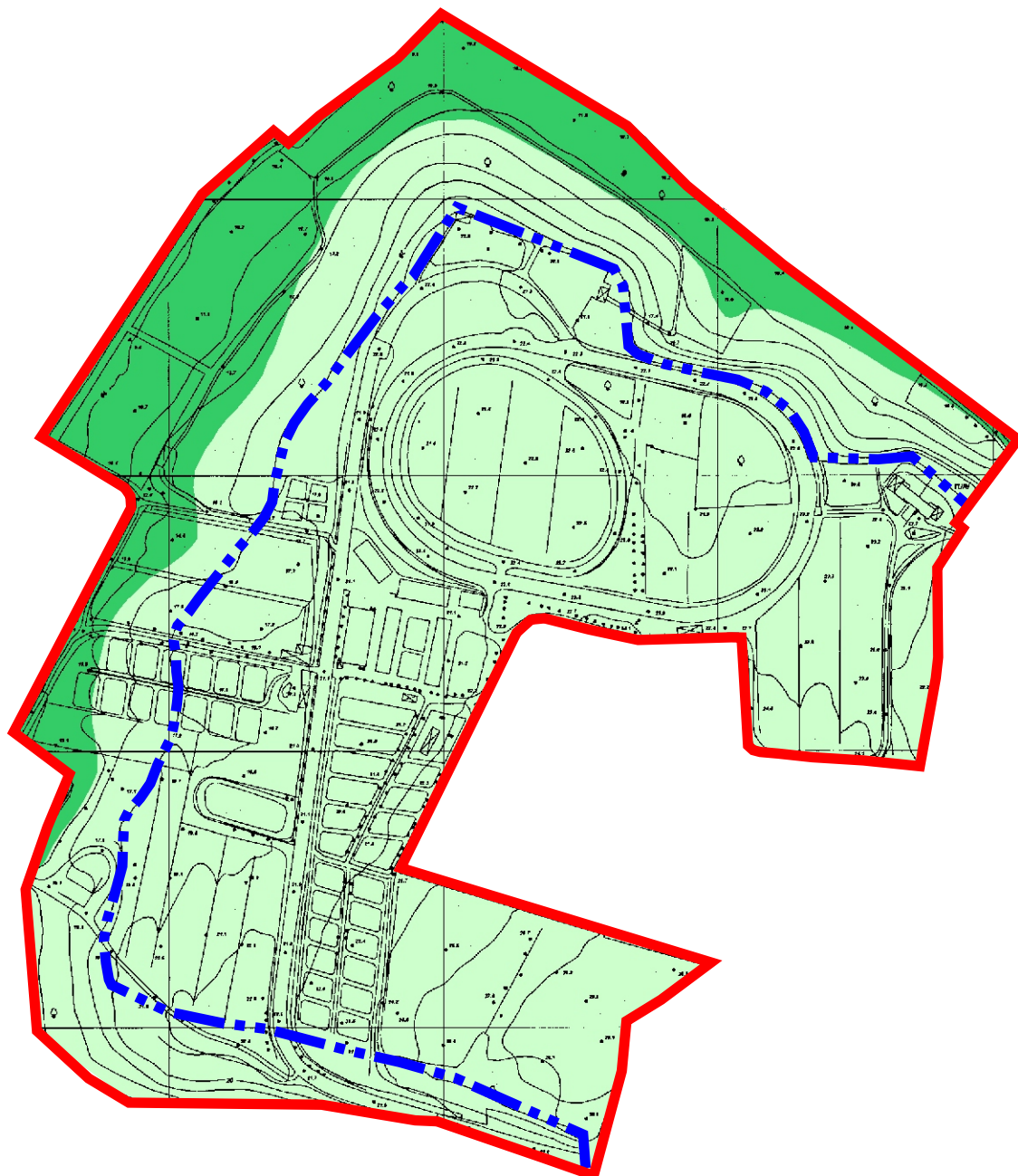
 delimitazione area con
vincolo di inedificabilità

LEGENDA

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI
(con un medio-alto contrasto di impedenza sismica)

 ZONA 1
ALTOPIANO DELLE CERBAIE ZONA DI STAFFOLI
Depositi alluvionali del Bacino Cerbaie-Altopascio "Terrazzo delle Cerbaie"

 ZONA 2
ALTOPIANO DELLE CERBAIE ZONA DI STAFFOLI
Formazione di Casa Poggio ai Lecci



ALLEGATO 3a

Elaborati indagini di sismica passiva HVSR
estratti dalla Variante n.10 al R.U. comunale

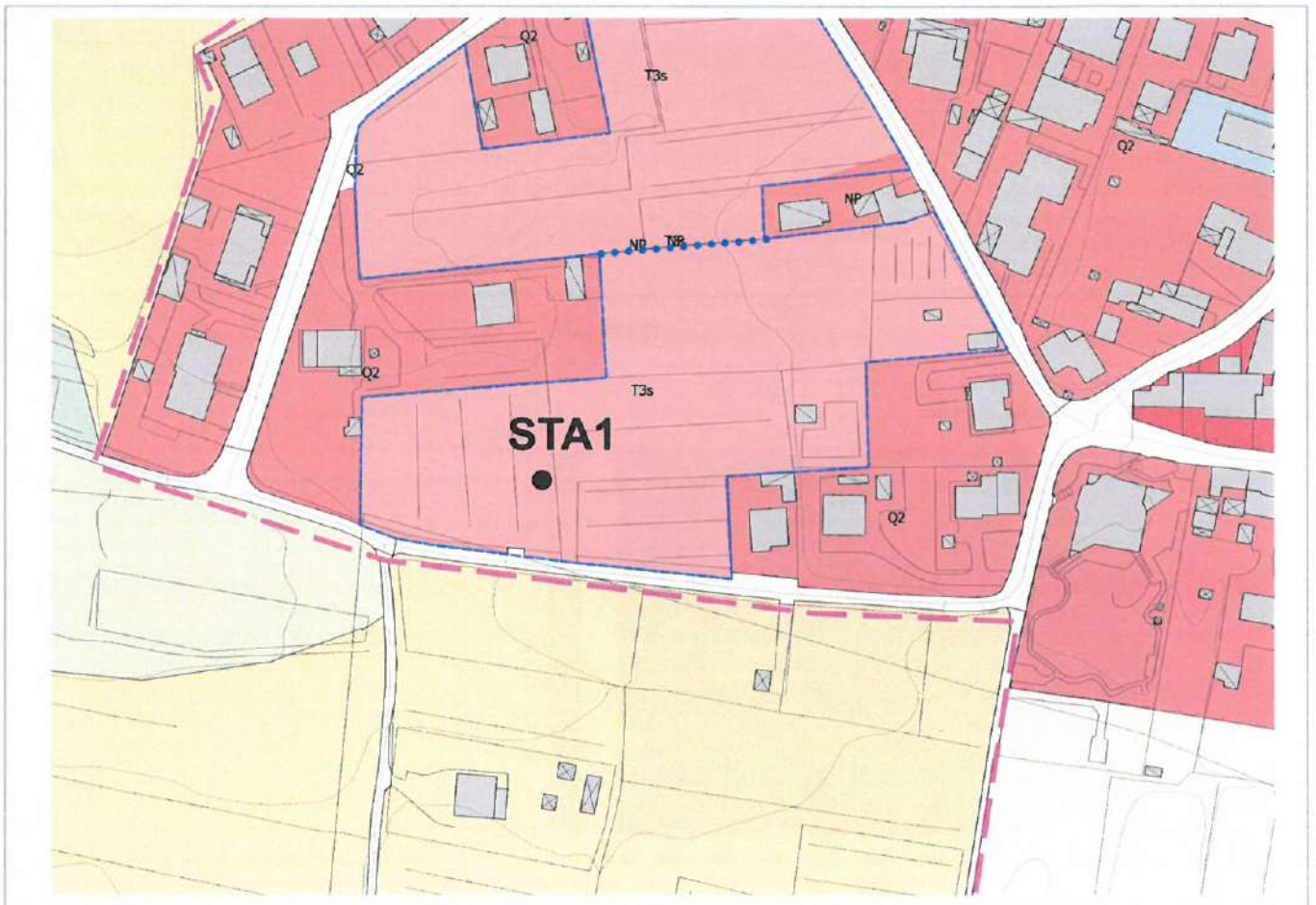
INDAGINE HVSR SANTA CROCE S/ARNO
LOCALITÀ STAFFOLI - STAZIONE **STA1**



ubicazione da foto aerea



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:2.000

orientazione > N

contesto globale : zona collinare

contesto locale: prato, incolto

condizioni atmosferiche: sereno - vento debole

coordinate stazione - **43° 45.139' N** - **10° 41.807' E**

SANTA_CROCE, STA1

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 13/11/13 16:50:52

Fine registrazione: 13/11/13 17:10:52

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

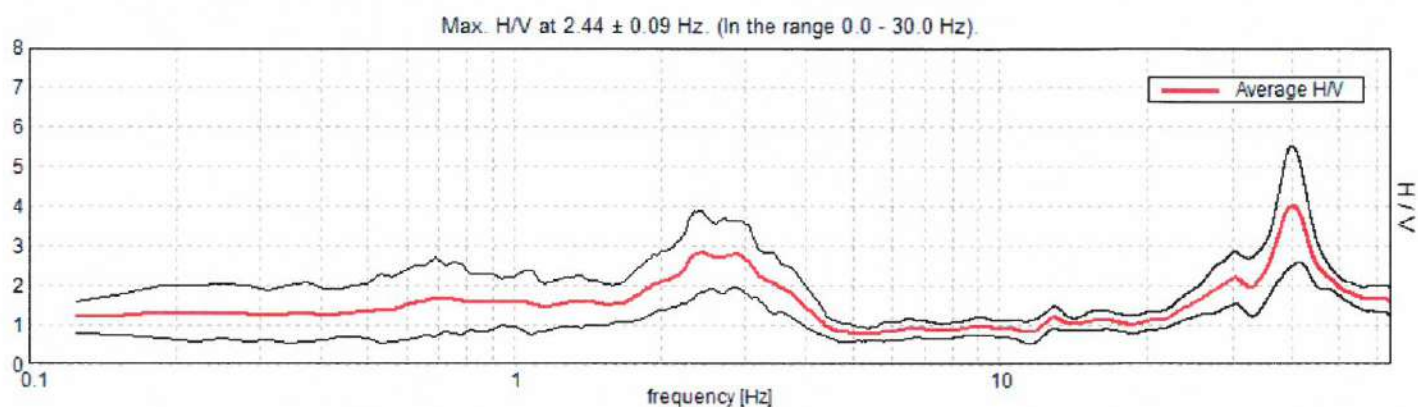
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

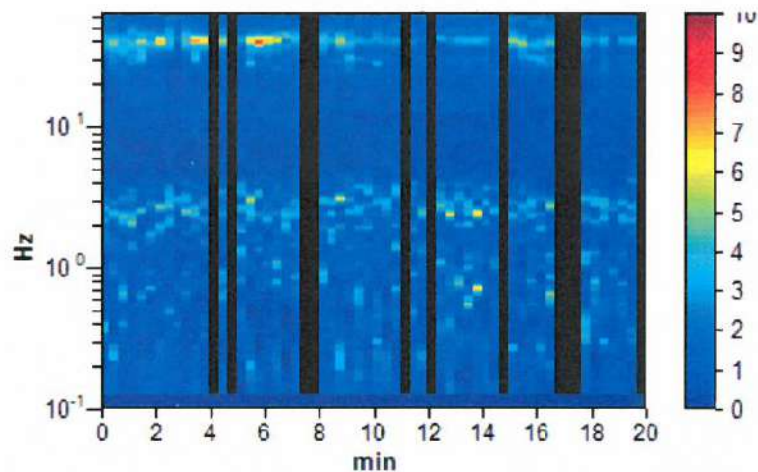
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 8%

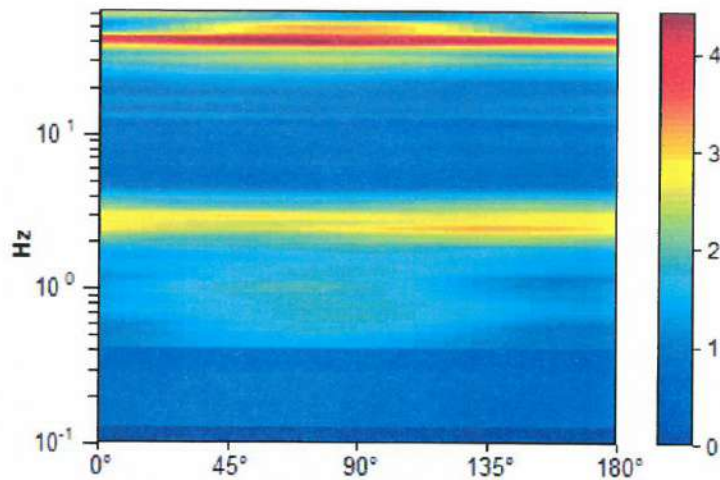
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



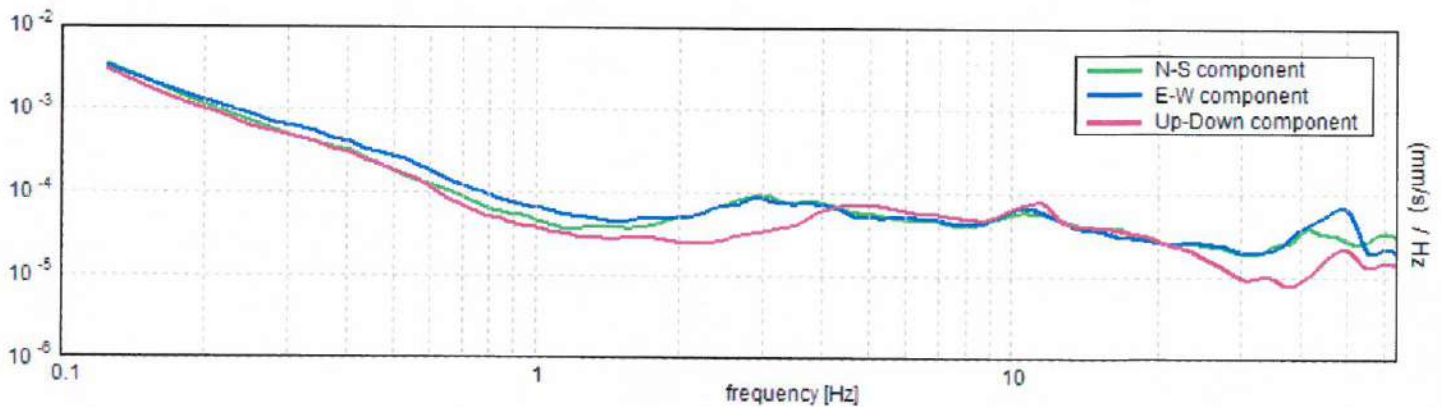
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 2.44 ± 0.09 Hz (nell'intervallo 0.0 - 30.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$: $2.44 > 0.50$ [OK]

$nc(f_0) > 200$: $2388.8 > 200$ [OK]

$sA(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ Superato 0 volte su 118 [OK]

.....

-1.0 Hz [NO]

Esiste f_+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$: 4.063 Hz [OK]

$A_0 > 2$: $2.84 > 2$ [OK]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$: $|0.01798| < 0.05$ [OK]

$sf < e(f_0)$: $0.04383 < 0.12188$ [OK]

$sA(f_0) < q(f_0)$: $0.5063 < 1.58$ [OK]

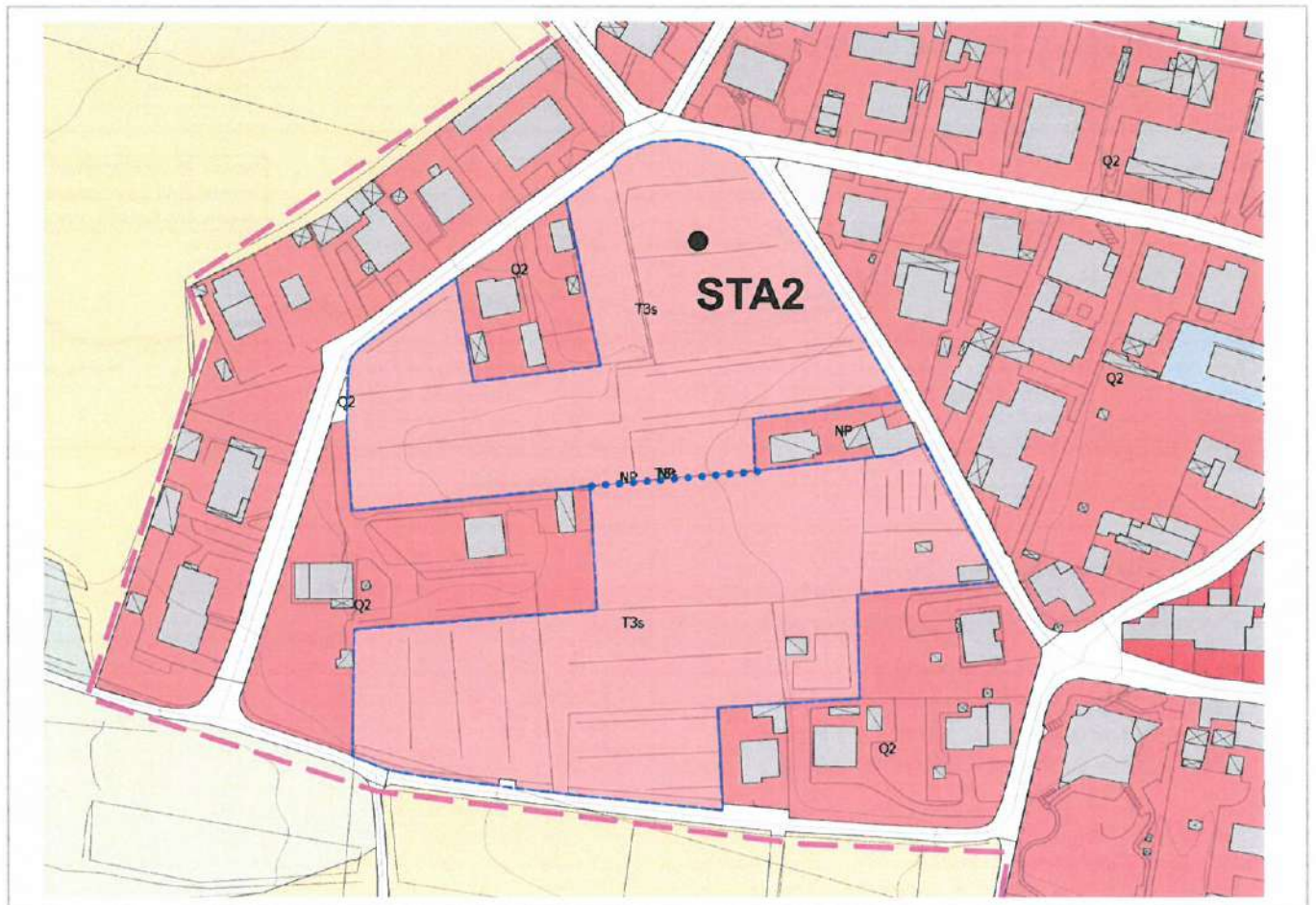
INDAGINE HVSR SANTA CROCE S/ARNO
LOCALITÀ STAFFOLI - STAZIONE **STA2**



ubicazione da foto aerea



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:2.000

orientazione > N

contesto globale : zona collinare

contesto locale: prato, incolto

condizioni atmosferiche: sereno - vento assente

coordinate stazione - **43° 45.263' N - 10° 41.840' E**

SANTA_CROCE, STA2

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 13/11/13 17:19:45

Fine registrazione: 13/11/13 17:39:45

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 72% tracciato (selezione manuale)

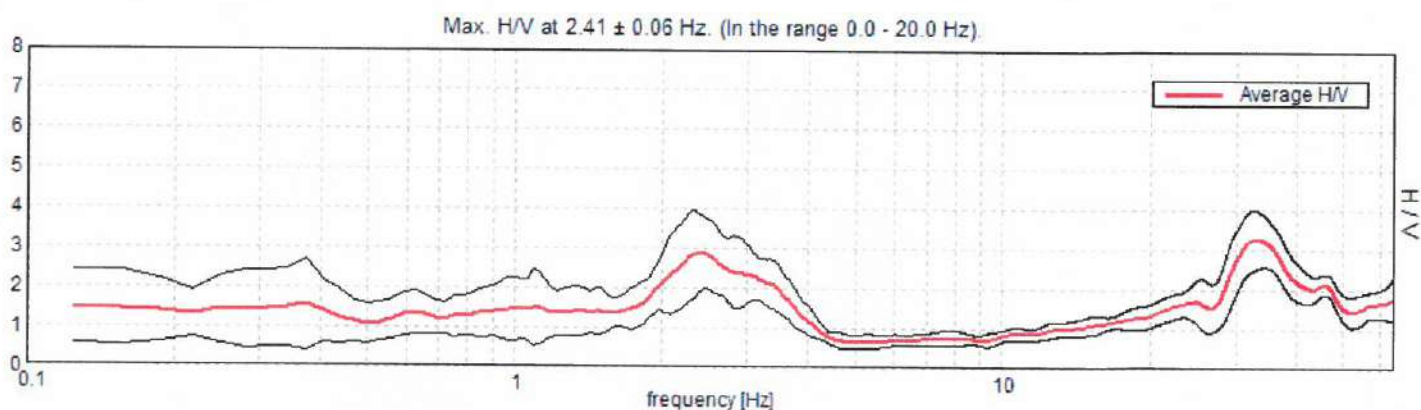
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

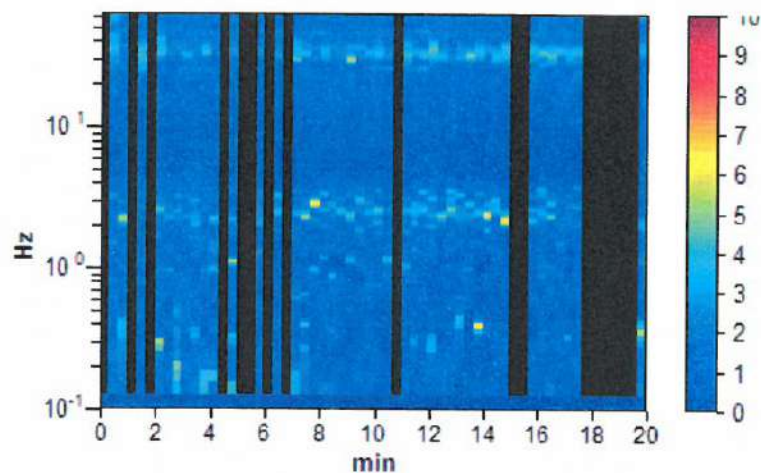
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 8%

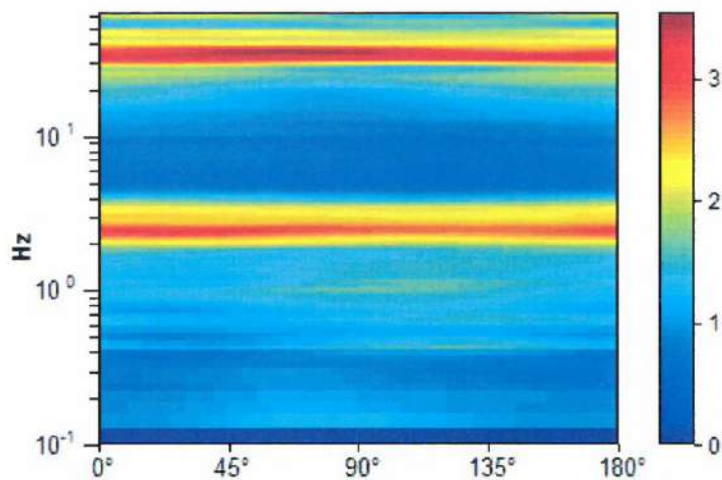
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



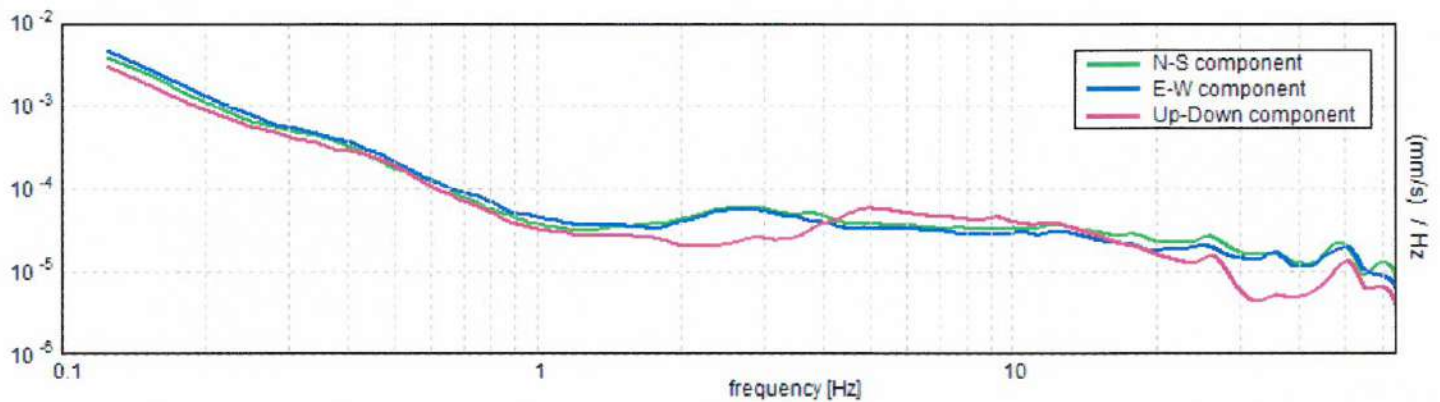
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 2.41 ± 0.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$: $2.41 > 0.50$ [OK]

$nc(f_0) > 200$: $2069.4 > 200$ [OK]

$sA(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 116 [OK]

.....

Esiste f_- in $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0 / 2$: 1.688 Hz [OK]

Esiste f_+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_H/V(f_+) < A_0 / 2$: 3.813 Hz [OK]

$A_0 > 2$: $2.88 > 2$ [OK]

$f_{\text{picco}}[A_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$: $|0.0113| < 0.05$ [OK]

$sf < e(f_0)$: $0.02719 < 0.12031$ [OK]

$sA(f_0) < q(f_0)$: $0.4733 < 1.58$ [OK]

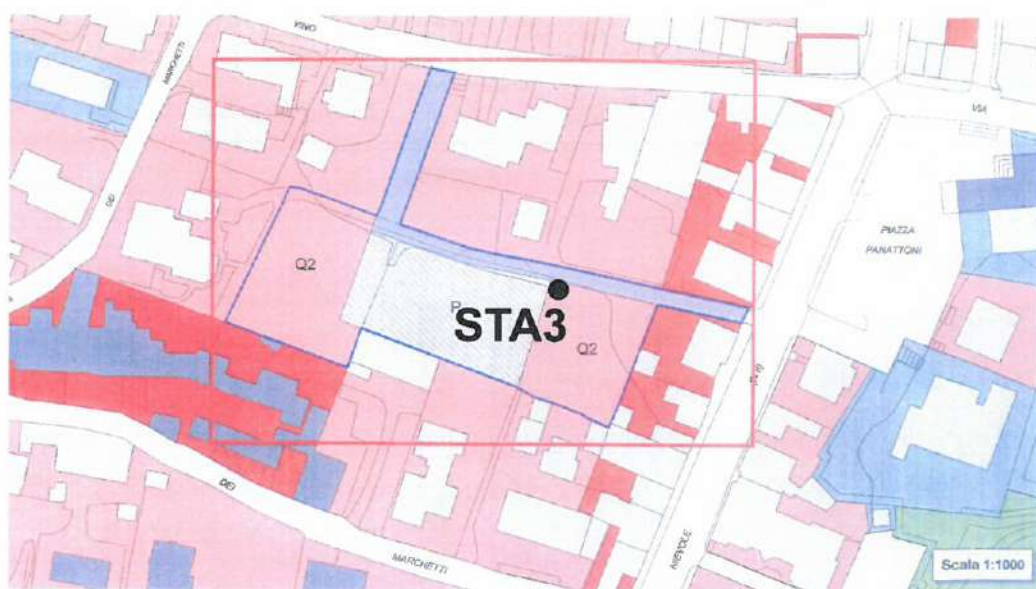
INDAGINE HVSR SANTA CROCE S/ARNO
LOCALITÀ STAFFOLI - STAZIONE **STA3**



ubicazione da foto aerea



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:2.000

orientazione > N

contesto globale : zona collinare

contesto locale: prato

condizioni atmosferiche: sereno - vento assente

coordinate stazione - **43° 45.211' N** - **10° 42.060' E**

SANTA_CROCE, STA3

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 16/11/13 11:58:16

Fine registrazione: 16/11/13 12:18:16

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

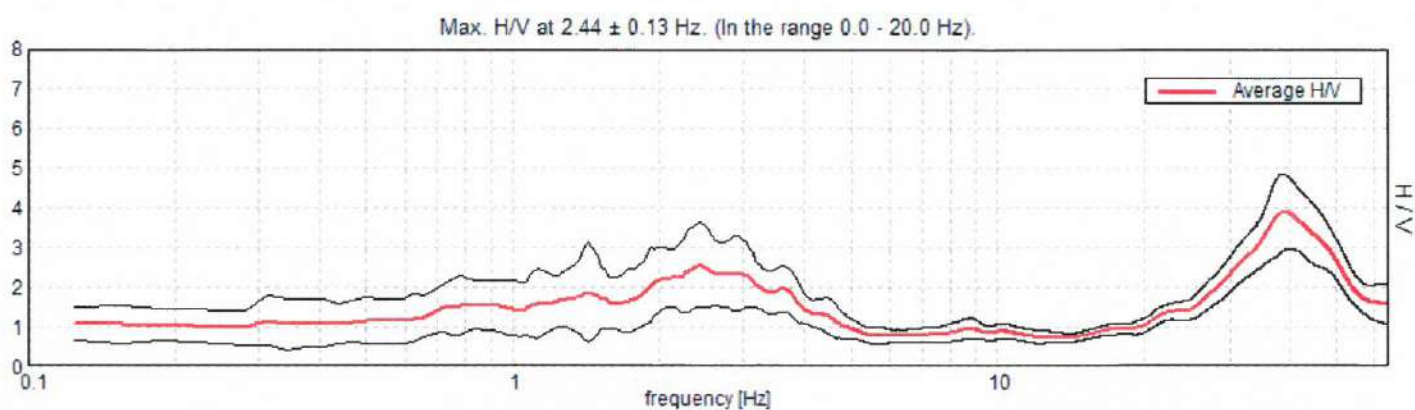
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

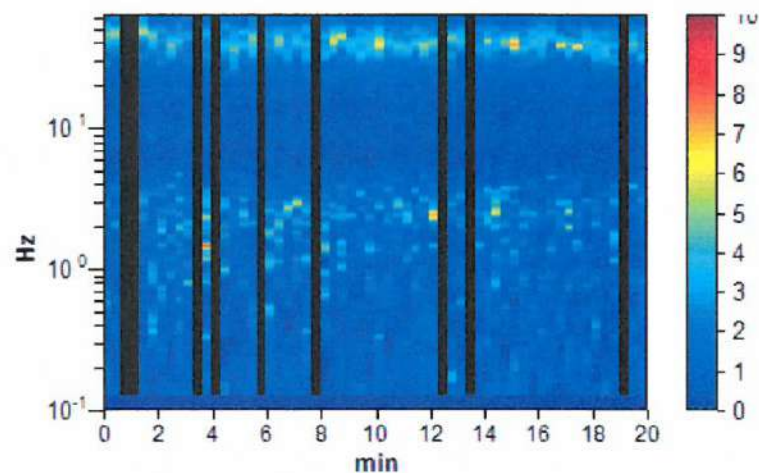
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 8%

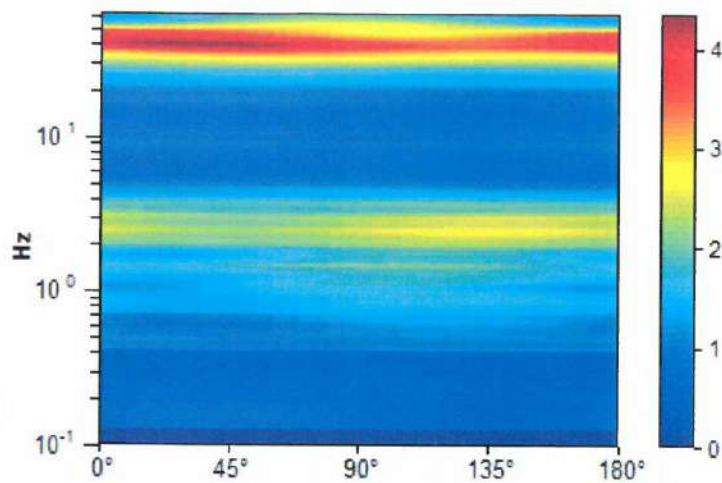
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



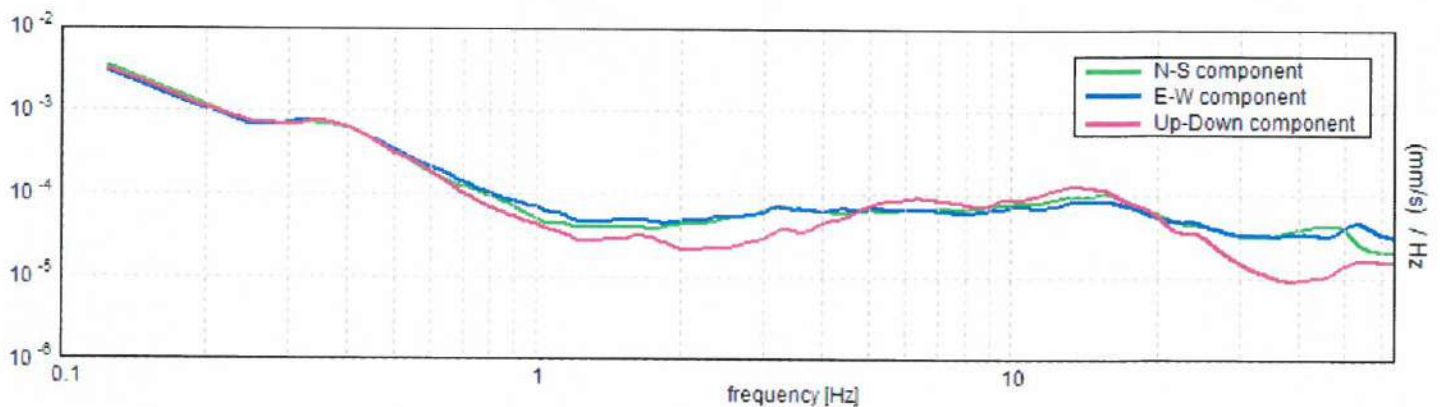
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 2.44 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$: $2.44 > 0.50$ [OK]

$nc(f_0) > 200$: $2486.3 > 200$ [OK]

$sA(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 118 [OK]

Esiste f_- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$: 0.656 Hz [OK]

Esiste f_+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$: 4.469 Hz [OK]

$A_0 > 2$: $2.55 > 2$ [OK]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$: $|0.02552| < 0.05$ [OK]

$sf < e(f_0)$: $0.0622 < 0.12188$ [OK]

$sA(f_0) < q(f_0)$: $0.5304 < 1.58$ [OK]

ALLEGATO 3b

Elaborati indagini sismiche MASW e HVSR
eseguite a supporto della Variante n.16 al R.U. comunale

RELAZIONE TECNICA

Committente: Amm. Com. Di
Santa Croce

Località: Staffoli

Data Indagine: 29/06/2018

Codice lavoro: 180629a

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 03/07/2018

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Sommario

PREMESSA	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR	4
GENERALITA'	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR	7
INDAGINI MASW	10
GENERALITA'	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	11
INDAGINI EFFETTUATE	12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR	13

PREMESSA

Per incarico della Amm. Com. Di Santa Croce, sono state eseguite indagini geofisiche in Località Staffoli.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) 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 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 microtremiti.

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

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- 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;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) 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.

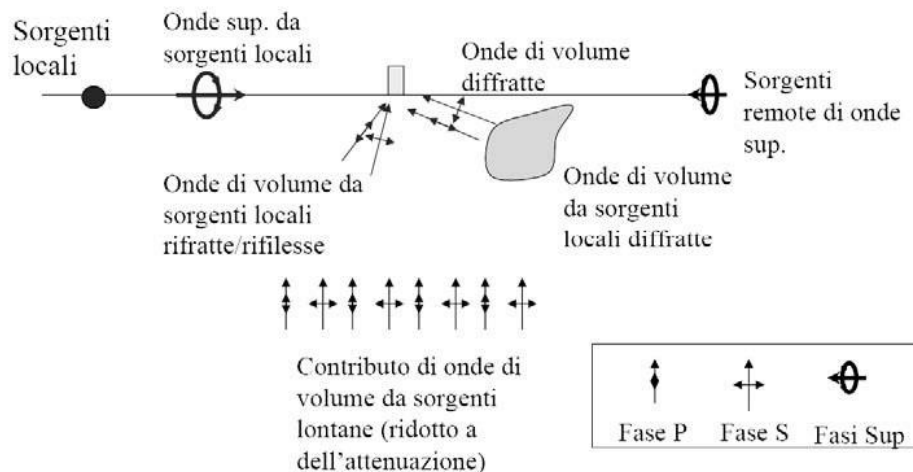


Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, 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 frequenziale 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 che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

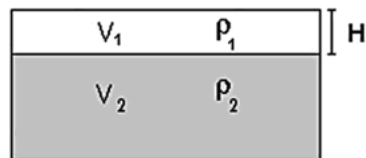
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s / 4H$$

$$(f_r) = V_p / 4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure H/V risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure MASW, a vincolare il modello V_s specie in profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e 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 dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations*, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. 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, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

HVSR 1

Dataset: MT_20180629_101231.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

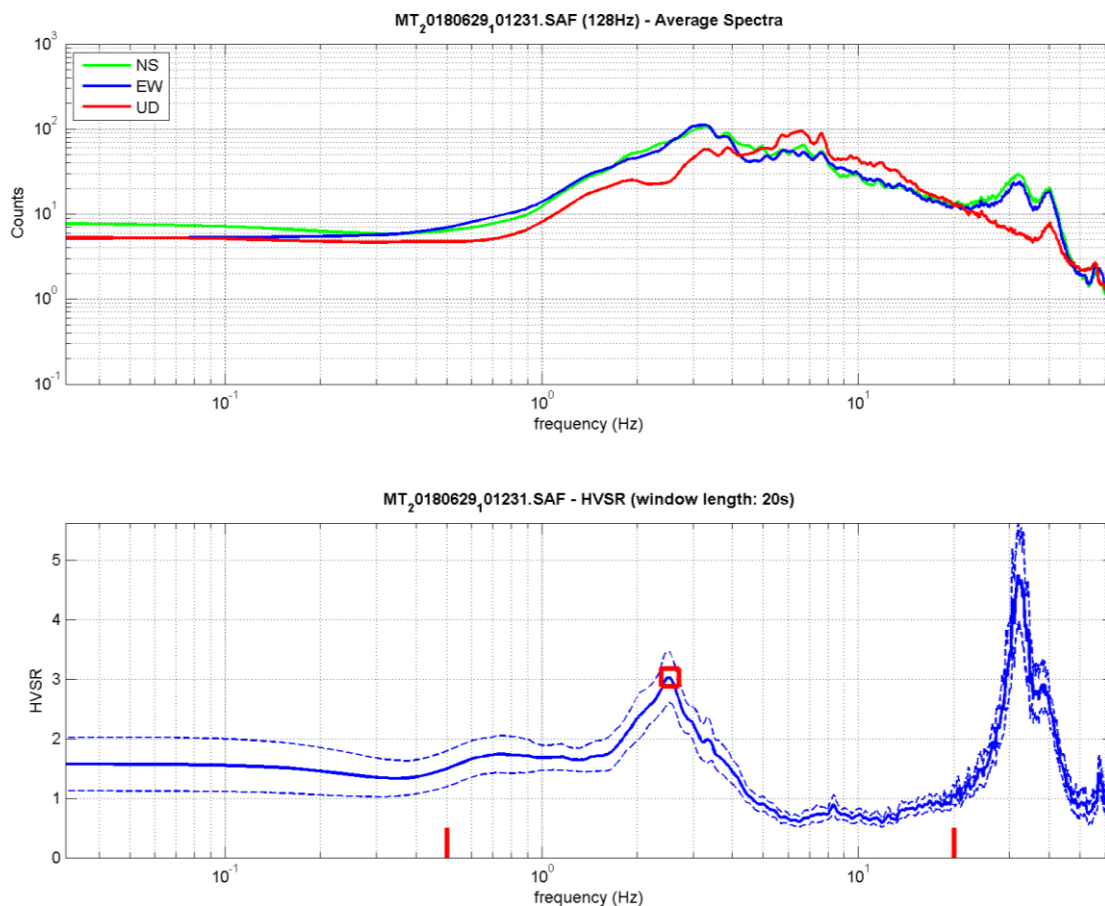
Window length (sec): 20

Length of analysed dataset (min): 19.6

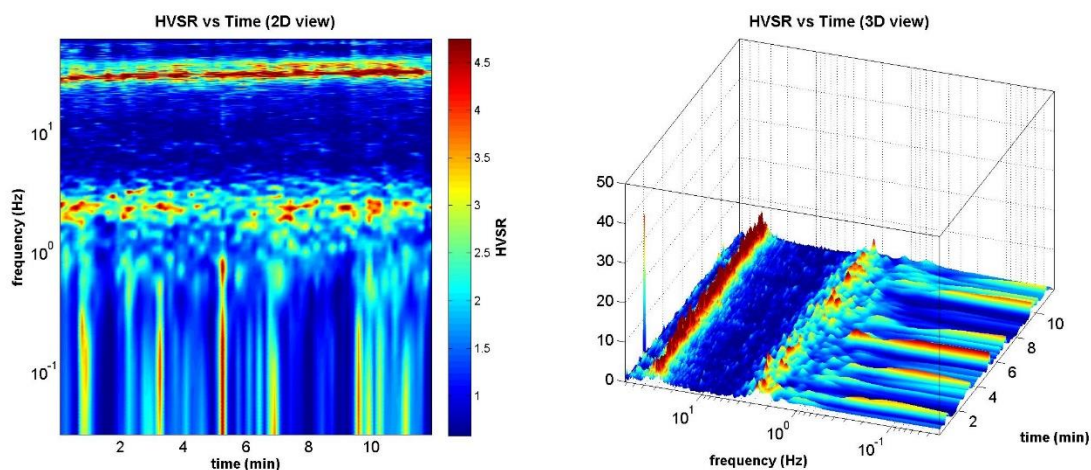
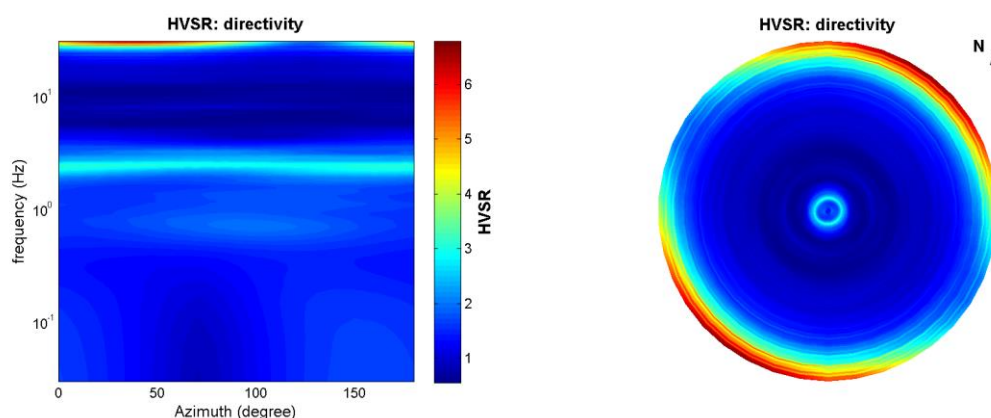
Tapering (%): 0

Smoothing (%): 5

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/Is, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

PERSISTENZA H/V**DIREZIONALITA' H/V**

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

Peak frequency (Hz): 2.5

Peak HVSR value: 3.0

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. $[f_0 > 10/L_w]$: $2.532 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $3647 > 200$ (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. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f_-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 0.7Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 4.0Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $3.0 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $0.454 > 0.127$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.426 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582 e-mail: info@gaiaservizi.com - p. IVA 01667250508

INDAGINI MASW

GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

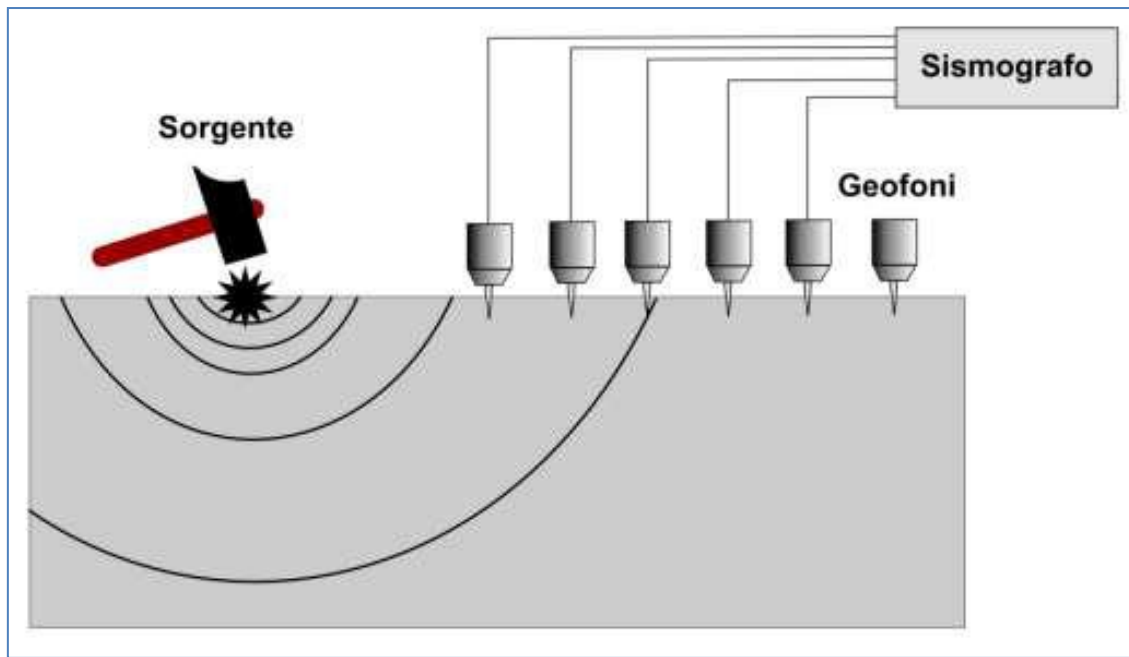


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.

INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	2 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 7m
Sorgente	mazza da 10kg



Figura 4: Stendimento sismico MASW1

ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEG Y)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 16.

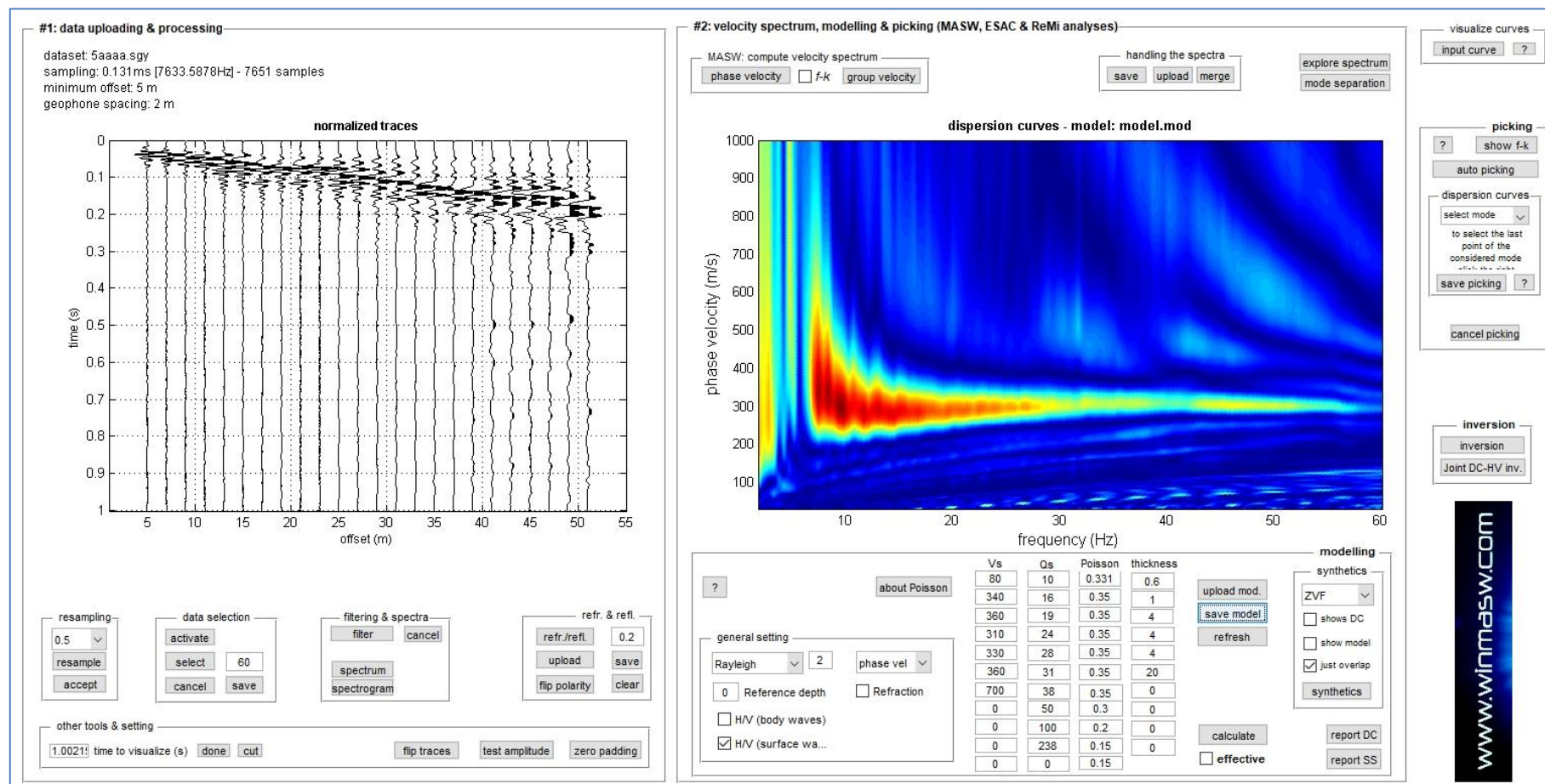


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

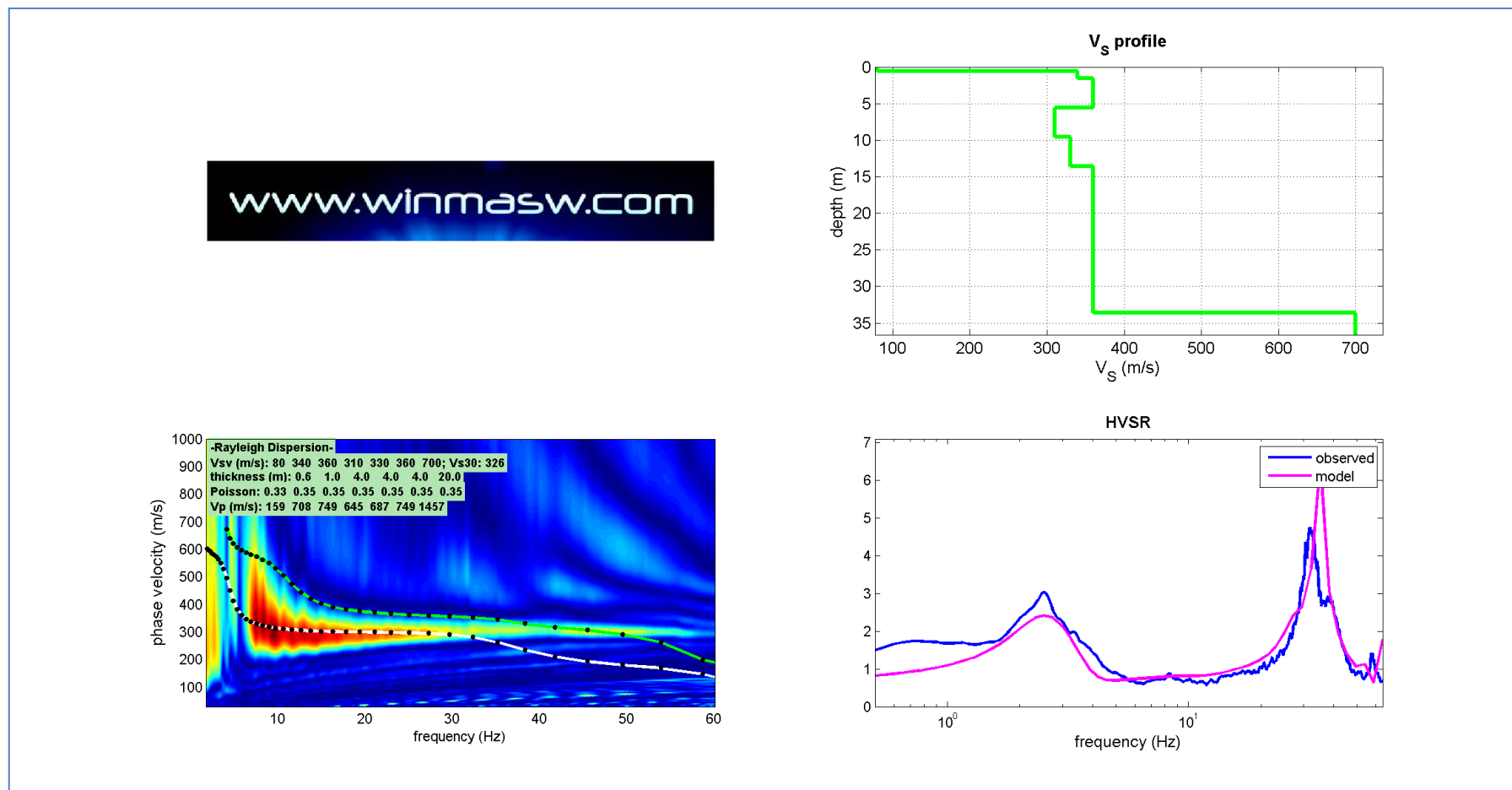


Figura 5: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in blu le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

Mean model

Vs (m/s): 80, 340, 360, 310, 330, 360, 700

Thickness (m): 0.6, 1.0, 4.0, 4.0, 4.0, 20.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.61 1.97 1.98 1.95 1.96 1.98 2.15

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 10 228 257 187 214 257 1051

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 159 708 749 645 687 749 1457

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 326

San Giuliano Terme (PI),

3 luglio 2018

GAIA Servizi S.n.c.

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167