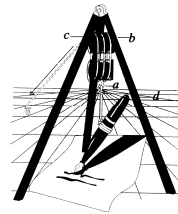


Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47



*INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO
AL PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
IN LOCALITA' LA CINQUANTINA
SCHEDA NORMATIVA C26 del R.U.*

COMUNE DI CECINA

Committente: Sig.ra Siria Massei

Ottobre 2018

Il Geologo

Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47

***Indagini geologico tecniche di supporto al Piano Attuativo
di iniziativa privata in località La Cinquantina
Scheda normativa C26 del R.U.***

COMUNE DI CECINA

INDICE

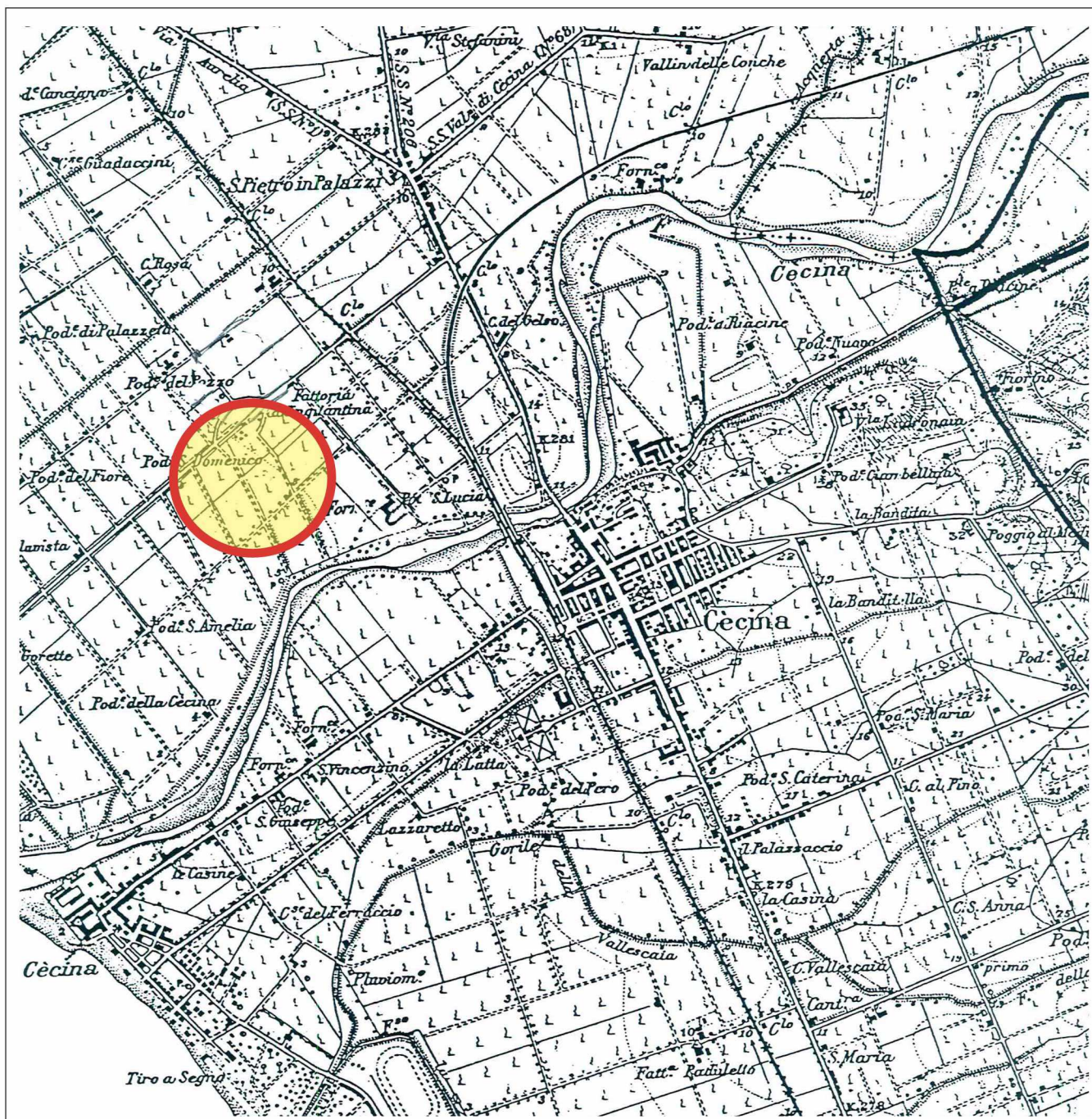
Premessa	pag. 2
Inquadramento geologico	pag. 3
Inquadramento morfologico	pag. 4
Inquadramento litotecnico	pag. 5
Idrogeologia della zona	pag. 5
Pericolosità del Regolamento Urbanistico	pag. 6
Fattibilità degli interventi	pag. 7
Metodologia d'indagine	pag. 9
Inquadramento litologico	pag. 10
Caratterizzazione geotecnica	pag. 11
Risultati dell'indagine sismica	pag. 11
Inquadramento geotecnico	pag. 14

Premessa

Su incarico della Committenza è stata eseguita la presente indagine, a carattere geologico e geotecnico, su un'area posta in località Cinquantina, più nel dettaglio tra la Villa la Cinquantina e Via Guerrazzi a nord e le strade poderali che dalla suddetta via si dirigono verso il Fiume Cecina a sud, dove è in progetto un Piano Attuativo d'iniziativa privata finalizzato alla realizzazione di un'attività ricettiva, di attività urbane, di aree a verde e di nuova viabilità e parcheggi.

L'area è posta nel settore nord-occidentale del territorio comunale di Cecina (**fig. 1**) delimitata a nord dalla Via Guerrazzi e dalla Fattoria La Cinquantina e a sud dalla strada poderale che collega i Poderi Giardino e San Francesco che segnano rispettivamente i vertici sud-est e sud-ovest del Comparto (**fig. 2**). L'area fa parte del Sottosistema A1 del Piano Strutturale e coincide con la **scheda C26** del Regolamento Urbanistico (**fig. 3**). La previsione urbanistica definisce la presenza di 3.000 mq destinati ad attività ricettiva, oltre alla realizzazione di nuova viabilità, parcheggi e verde pubblico. Dovrà inoltre essere adeguata l'area interna al Parco della Villa della Cinquantina attualmente adibita a parcheggio, con delimitazione dei posti auto e nuove piantumazioni, oltre alla compartecipazione alla realizzazione della rotatoria su Via Guerrazzi. Infine, in fase di attuazione, si dovranno prevedere specifiche misure di compensazione e mitigazione paesaggistiche attraverso fasce alberate con tipologie autoctone e l'eventuale mantenimento della zona contrassegnata dalla lettera a) a verde naturale attrezzato (**fig. 4**).

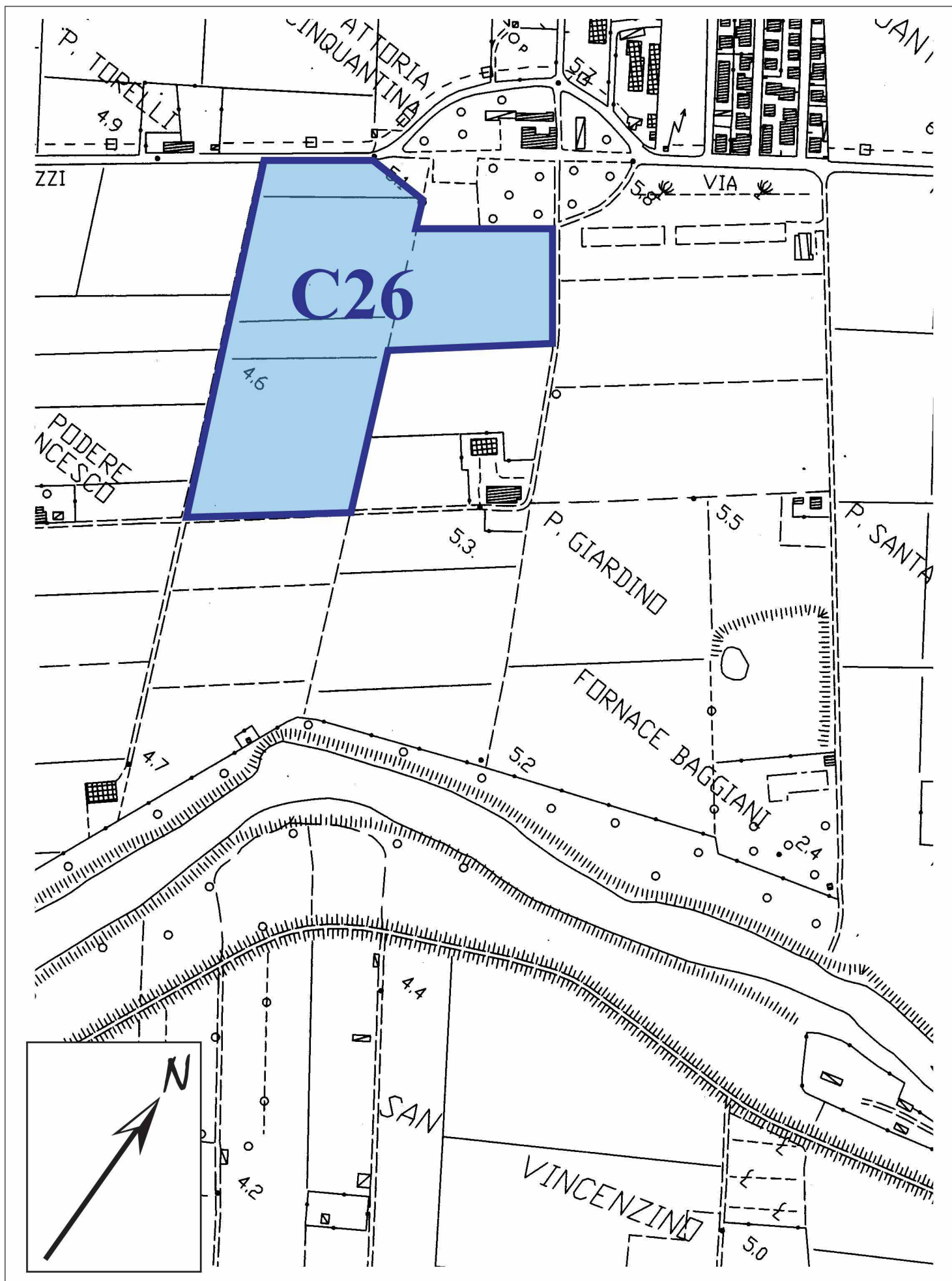
Lo studio in parola è di supporto al Piano Attuativo relativo la scheda C26, secondo quanto previsto ai sensi della L.R. n°1 del 03.01. 2005. Le modalità esecutive secondo le quali l'indagine deve essere redatta sono disciplinate dal **Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della L.R. 1/2005**, emanate con **DPGR n° 53/R del 25.10.2011**. Secondo tali Direttive le indagini geologico tecniche da prodursi a sostegno di un **Piano Urbanistico Attuativo** si configurano con quelle esposte al **punto 4 dell'Allegato A**.



UBICAZIONE DELL'AREA IN OGGETTO

fig. 1

scala 1:25.000



COROGRAFIA DELL'AREA IN OGGETTO

fig. 2

scala 1:5.000

R.U. 2012 - Indirizzi e prescrizioni

Descrizione

Ambito delimitato a Nord da via Guerciazzini con al centro il polo culturale della Cinquantina (proprietà comunale) che si estende in direzione N.E. e S.O. fino ai rispettivi percorsi rotabili

Obiettivi

Valorizzazione del complesso della Villa della Cinquantina come risorsa storico-culturale, come sede di attività ricreative ed artistiche, come polo museale e congressistico e come porta d'ingresso al parco. Valorizzazione degli spazi di sosta del giardino storico. Realizzazione di una struttura turistico ricettiva.

Destinazione d'uso

Attività Ricettiva lettera a1) così come definita dall'articolo 10 delle Norme del regolamento Urbanistico. Attività Urbane Servizi - parcheggi

Interventi ammessi-Quantità insediabili

Attività Ricettiva mq 3000 Attività urbane mq 100

Area per servizi o standard urbanistici

Come previsto da norma generale del R.U. e come indicato nella tavola normativa
Adeguamento dell'area all'interno del Parco attualmente adibita a parcheggio ricompreso nell'area della Villa della Cinquantina, con delimitazione dei posti auto e nuove piantumazioni.

Realizzazione di parcheggio privato per un minimo di 300 posti auto da mettere a disposizione dell'Amministrazione Comunale in occasione di eventi di interesse pubblico.

Compartecipazione alla realizzazione della rotonda su Via Guerciazzini.

Deve essere garantito il diritto di passo nelle strade poderali.

In fase di attuazione si dovranno prevedere specifiche misure di compensazione e mitigazione paesaggistiche attraverso fasce alberate con tipologie autoctone e l'eventuale mantenimento della zona contrassegnata dalla lettera a) a verde naturale attrezzato.

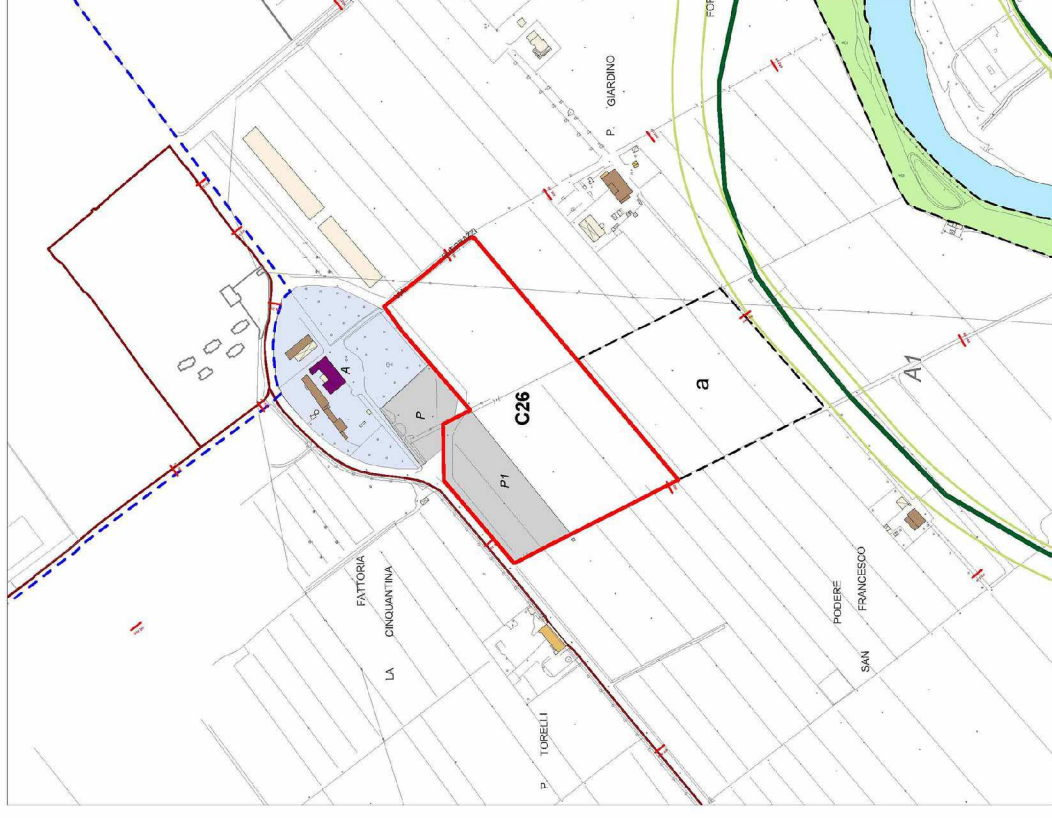
Modalità di intervento

Piano Attuativo di iniziativa pubblica/privata

Pericolosità geologica	G.1				
Pericolosità idraulica	P.I.M.E.				
Pericolosità sismica locale	S.1				
Vulnerabilità delle falde	V.3				
INTERVENTI	Fattibilità Geologica (FG _u)	Fattibilità Idraulica (FI _u)	Fattibilità Sismica (FS _u)	Vulnerabilità delle Falde (FV _u)	
Interventi edificatori	2	4*	1		1
Modifica e realizzazione reti tecnologiche	1	1	1		1
Riqualificazione, nuove sistemazioni aree a verde	1	1	1		1
Parcheggi e standard urbanistici	1	4*	1		2

Note: 4*=fattibilità idraulica subordinata alla realizzazione delle arginature remote di cui alla variante approvata con DCC 7 del 25/01/2008, parere Autorità di Bacino prat. n° 22993 del 19/07/2005
La fattibilità degli interventi edificatori nelle aree PIME è comunque subordinata alla preventiva realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica come previsto dalla L.R.T. n° 21/2012 (art. 2, comma 2).

Estratto cartografia R.U. – scala 1 : 5000





PLANIMETRIA GENERALE DEL COMPARTO E DI QUANTO IN PROGETTO AL SUO INTERNO

fig. 4 scala 1:2.000

L'indagine si compone dei seguenti elaborati:

- relazione geologica
- carta geologica
- carta litotecnica allegata al Regolamento Urbanistico
- carta piezometrica di morbida e di magra allegata al Piano Strutturale
- carta della pericolosità geomorfologica allegata al Regolamento Urbanistico
- carta della pericolosità idraulica allegata al Regolamento Urbanistico
- carta della pericolosità idraulica ai sensi del PGRA
- carta della pericolosità sismica allegata al Regolamento Urbanistico
- carta della vulnerabilità allegata al Regolamento Urbanistico
- planimetria dello stato di progetto con sovrapposizione dei battenti idraulici con Tr 200 anni
- planimetria di progetto con sovrapposizione delle velocità idrauliche con Tr 200 anni
- carta delle indagini prese a riferimento
- ubicazione delle indagini geognostiche effettuate
- sezione litologica e litotecnica

Inquadramento geologico

L'esame alla scala dell'affioramento ha permesso di rilevare, al di sotto di una coltre di materiale terrigeno ricco di componente vegetale ed impiegato in agricoltura, la presenza di un litotipo eterogeneo, riconducibile ai **depositi alluvionali recenti**, dovuti all'apporto solido del Fiume Cecina e dei fossi minori (**fig. 5**). Si tratta in generale di alternanze di sedimenti di ambiente retro marino, costituiti da litotipi sabbiosi a varia granulometria, di colore bruno o grigio, con densità variabile, e di sedimenti di ambiente continentale, rappresentati da limi sabbiosi o argillosi, di colore grigio ad indicare un ambiente di sedimentazione povero d'ossigeno, tipici di una facies alluvionale legata all'attività del Fiume Cecina. Tali alternanze si sono depositate durante le fasi di ingressione e regressione marina, cui si sovrapponeva il deposito dei sedimenti associati al trasporto del Fiume Cecina.

Progredendo verso ovest si rinvencono i **sedimenti palustri e di colmata**, costituiti dal materiale fine di natura limo-argilloso, legati all'attività di esondazione dei fossi, prima in tempi antichi e dopo durante le opere di bonifica idraulica. Progredendo a nord-est è invece presente la formazione delle **sabbie rosso arancio di Donoratico**. Questa affiora fino all'altezza della Via Guerrazzi a costituire tutto il relativo duomo su cui sorge la Villa La Cinquantina. Il corpo sedimentario si presenta composto da sabbie massive di colore rosso-arancio e ocre, a granulometria fine e/o molto fine, prive di strutture interne e di resti fossiliferi. All'interno della formazione sono spesso individuabili orizzonti di calcarenite e/o conglomerato.

Lo spessore dei sedimenti alluvionali è mutevole, nella zona variabile da 6 a oltre 10.0 metri. Mediamente esso aumenta progredendo verso il Fiume Cecina a sud, seppur subordinatamente all'andamento dei vecchi tracciati dei vari paleo-alvei sia del Fiume Cecina che dei fossi tributari (fig. 5). Lo spessore si riduce poi notevolmente in corrispondenza dei modesti duomi morfologici su cui sorgono i poderi Giardino e San Francesco.

Al di sotto è presente il substrato continentale, riconducibile ai depositi quaternari, rappresentato da un modesto orizzonte delle sabbie di Donoratico a sua volta sovrastante la formazione di Bibbona. La presenza di quest'ultima è stata evidenziata durante la realizzazione di alcuni sondaggi effettuati nella zona occupata dalla futura darsena del porto turistico, 1.000 metri ad ovest, ma confermata anche dalla stratigrafia dei pozzi adiacenti la zona. Come indica il toponimo, la formazione dei conglomerati, sabbie e calcareniti di Bibbona costituisce un insieme assai variabile, lateralmente e verticalmente, di calcareniti sabbiose diversamente cementate, di sabbie a varia granulometria e vario grado di addensamento, e di conglomerati a matrice sabbiosa e calcareo detritica. La formazione riflette un ambiente di deposizione di spiaggia sommersa. Lo spessore è assai modesto e non supera i 30 metri. Durante i sondaggi è risultata presente la facies calcarenitica e quella di sabbia addensata e/o cementata.

Inquadramento morfologico

La zona è posta alla quota di 3.5-4.5 m s.l.m., sulla destra idrografica del Fiume Cecina, circa 400 metri a nord di un suo ampio meandro. La morfologia è pianeggiante, monotona, contraddistinta dalle ondulazioni tipiche dei settori utilizzati in agricoltura, con la "schiena d'asino" nella zona centrale di ciascun appezzamento e le depressioni in coincidenza delle fosse campestri laterali, con i vari Poderi che occupano posizioni di relativo alto. In generale è stato evidenziato un dislivello massimo di 0.70 m nel senso nord-sud a "scendere" verso il Fiume Cecina, e un dislivello di circa 0.50 m progredendo verso la costa ad ovest.

La rete scolante è artificiale, realizzata durante le opere di bonifica eseguite nel settore e costituita da una serie di fossi e scoline paralleli, diretti est-ovest, delimitanti i

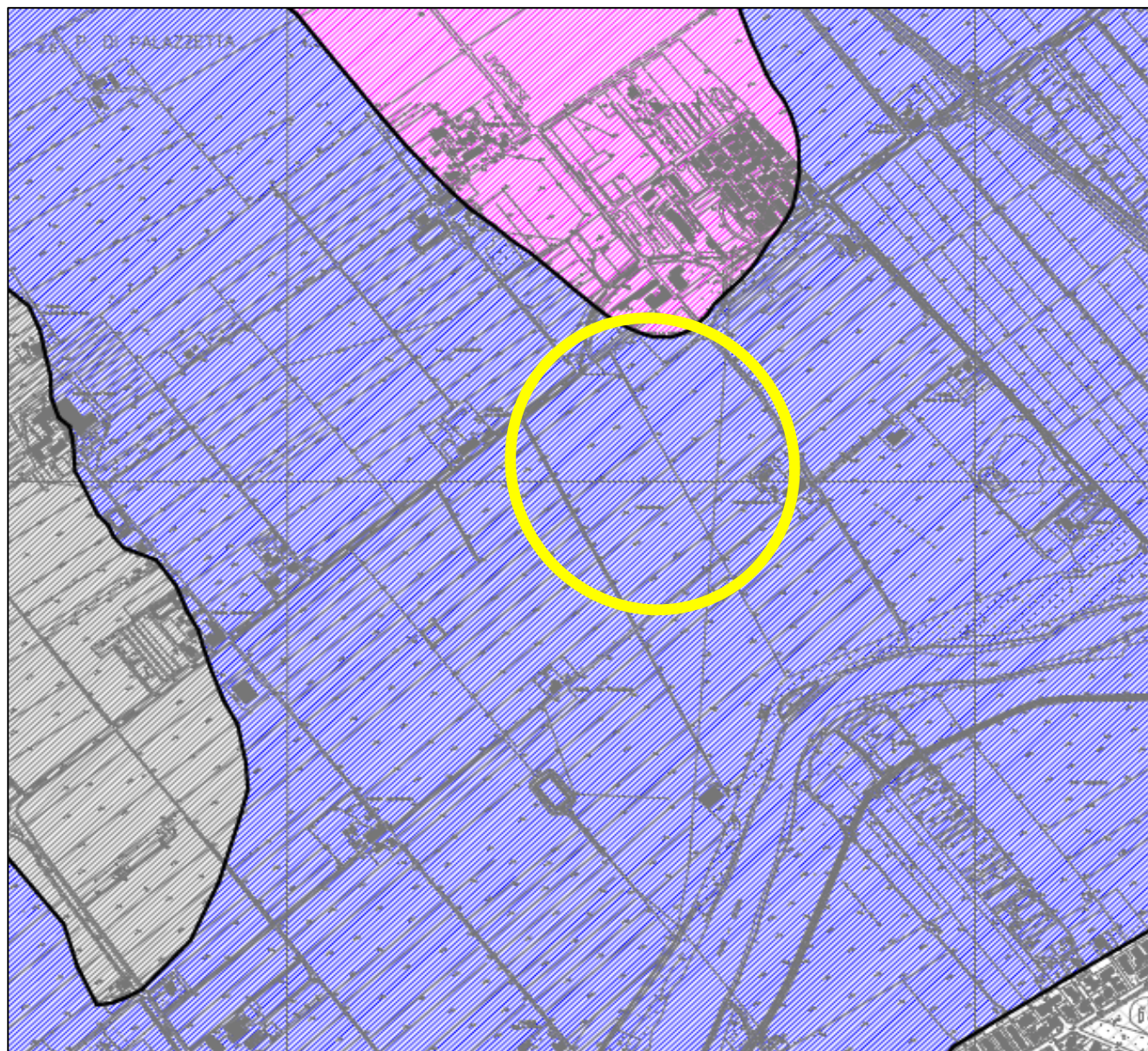
vari appezzamenti di terreno impiegati nell'attività agricola. I fossi drenano le acque nel capofosso laterale la Via Volterra ad ovest, a sua volta confluyente nel Fiume Cecina. La Via Guerazzi delinea infine lo spartiacque con il bacino a deflusso artificiale presente a nord, regolato del sistema di idrovore del Consorzio di Bonifica posto in località Molino a Fuoco. Frequenti sono le situazioni di ristagno durante gli episodi meteorici più intensi, dovuti alla tipologia della rete scolante descritta, alla scarsa pendenza e alle quote prossime il livello del mare.

Inquadramento litotecnico

Il litotipo presente coincide con una *formazione limoso-argillosa con presenza di sabbia al suo interno*. Si tratta di un deposito a prevalente natura coesiva, generalmente a bassa consistenza, che poggia al di sopra di una formazione sabbiosa con un grado di addensamento variabile, maggiore con la profondità indagata. Le proprietà meccaniche, mediamente basse o medie, sono proporzionali al citato grado di consistenza. Il litotipo s'identifica comunque con un adeguato substrato di fondazione. Al riguardo, nella carta litotecnica associata al vigente Regolamento Urbanistico (**fig. 6**), il litotipo è censito come **unità 4**, corrispondente a *successioni a prevalenza sabbioso-ghiaiosa*.

Idrogeologia della zona

Il litotipo costituente il substrato è dotato di una variabile permeabilità per porosità. Questa tende a aumentare in corrispondenza della frazione sabbiosa mentre diminuisce proporzionalmente alla componente argillosa. Durante le indagini geognostiche eseguite nel settore la falda è stata rinvenuta a 4.00/5.00 metri dal p.c.. Il dato è in accordo con i tematismi del Regolamento Urbanistico (**fig. 7a e 7b**) Il livello della falda freatica è stato misurato anche attraverso il pozzo di tipo romano presente nella resede del Podere San Francesco, che ha confermato la sua profondità: 4.00 metri da p.c.. Come si rileva dal confronto tra la carta piezometrica di morbida e di magra, le oscillazioni nell'arco dell'anno sono modeste, valutabili nell'ordine di 1 metro. Nella zona sono poi presenti numerosi pozzi ad uso irriguo, di cui si riportano i due più prossimi al Comparto, rispettivamente il pozzo ID 11958 e ID 11961 (fig. 5), posti sul margine occidentale dell'area in parola e che attingono da una falda confinata posta a 20 metri di profondità dal piano campagna.



CARTA LITOTECNICA

allegata al Regolamento Urbanistico vigente






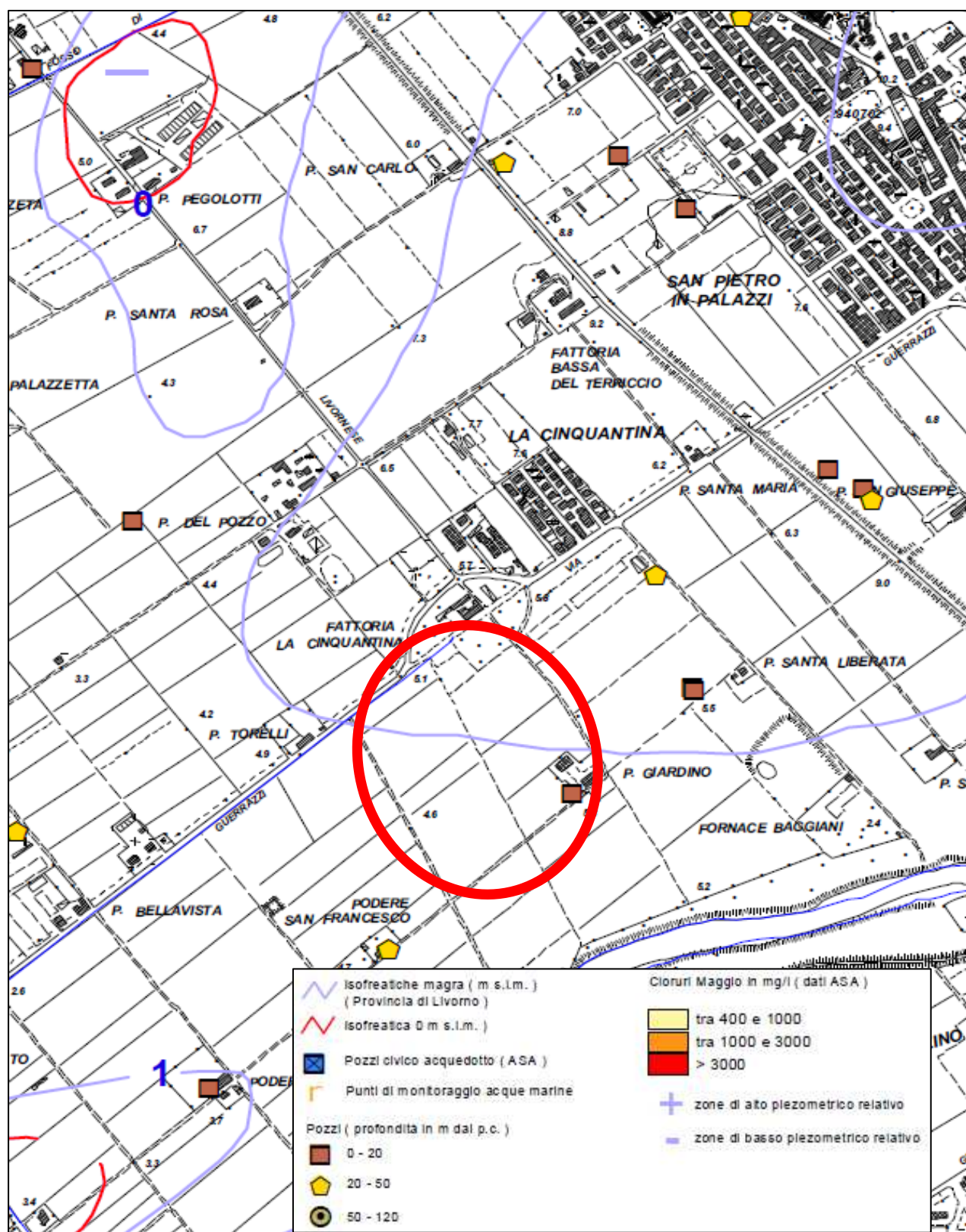
UNITA' LITOTECNICHE	UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE
 1 - successioni a prevalenza limoso-torbosa	t
 2 - successioni a prevalenza argilloso-sabbiosa	q2
 3 - successioni a prevalenza sabbiosa	s , D
 4 - successioni a prevalenza sabbioso-ghiaiosa	a , at , atp , d , con
 5 - depositi a prevalenza conglomeratico-sabbiosa	q9 , q7 , q6

fig. 6

scala 1:10.000



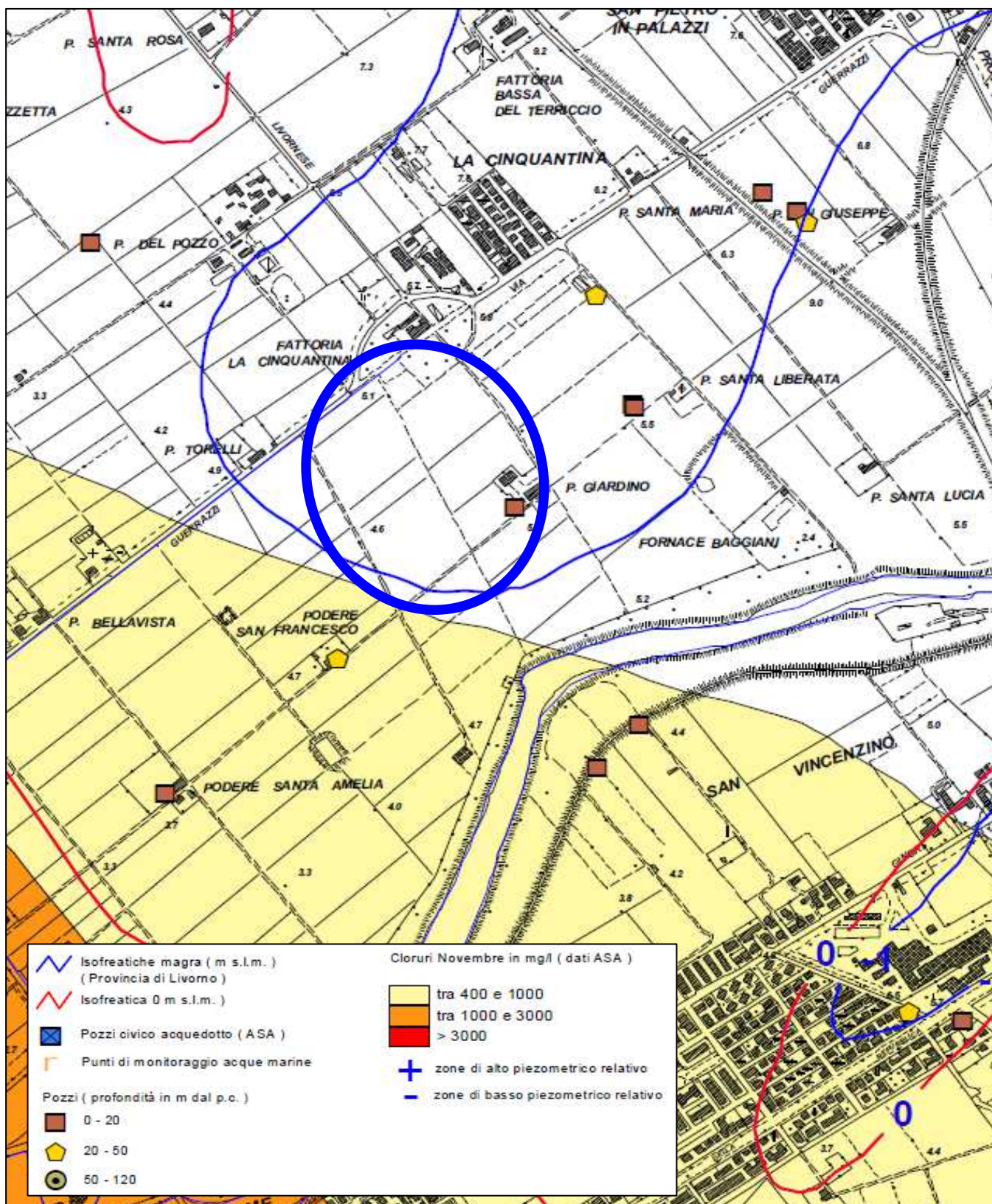
CARTA PIEZOMETRICA

allegata al Piano Strutturale vigente

isofreatiche medie di morbida

fig. 7a

scala 1:10.000



CARTA PIEZOMETRICA *allegata al Piano Strutturale vigente*

isofreatiche mediae di magra

fig. 7b

scala 1:10.000

I dati sopra riportati sono in accordo con le isofreatiche indicate sui tematismi del Piano Strutturale. Si può quindi ritenere che il substrato sia sede di una falda freatica collegata al subalveo del Fiume Cecina. Data l'abbondante frazione argillosa presente è possibile che la falda sia localmente depressa. Si ritiene appropriato assumere che la zona possa essere satura in alcuni periodi dell'anno, con la falda freatica che risale seppur molto lentamente e localmente all'interno del litotipo limo argilloso. Il substrato è poi sede di alcune falde sovrapposte rappresentate da livelli di ghiaie, confinate tra orizzonti d'argilla.

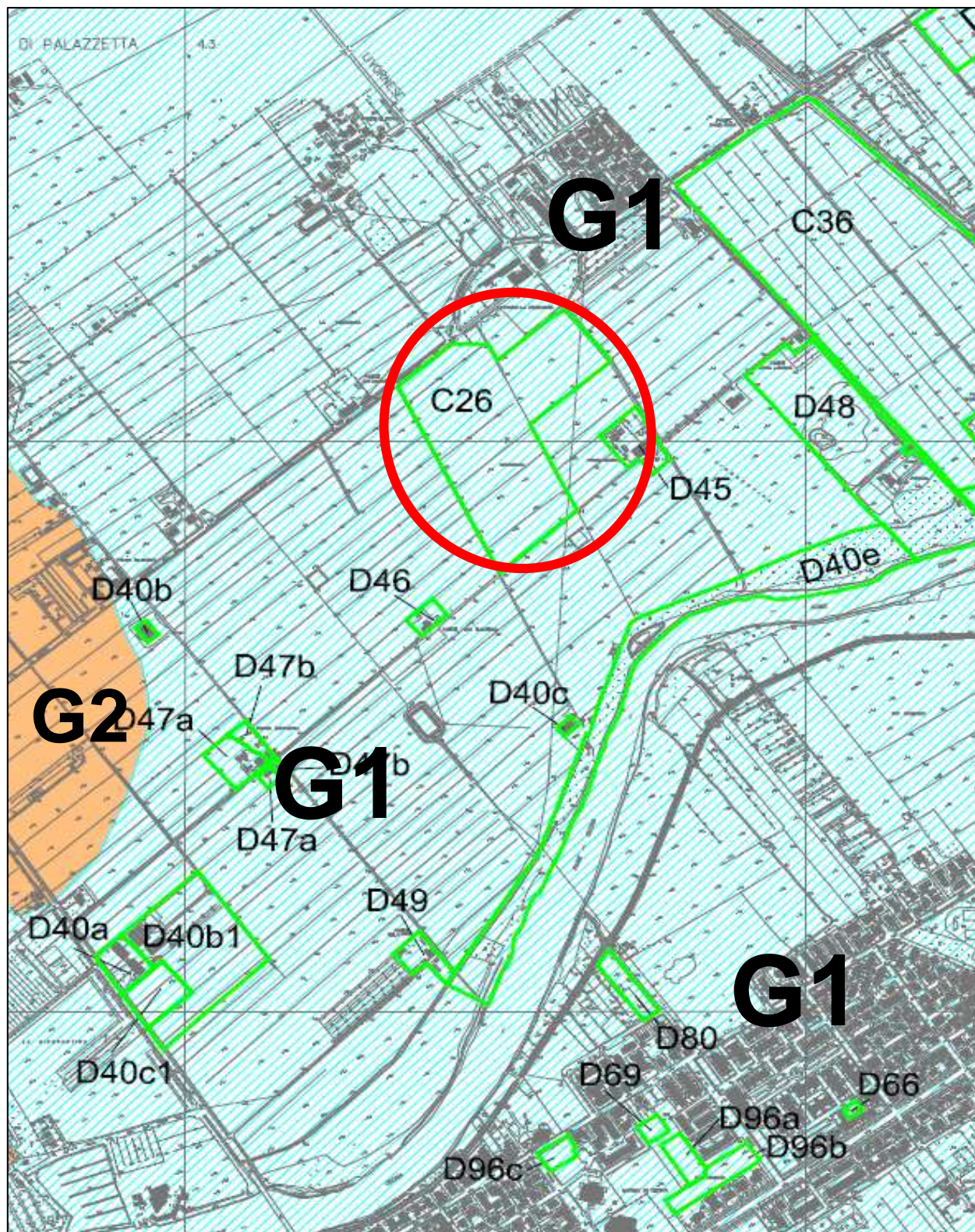
Pericolosità del Regolamento Urbanistico vigente

I caratteri morfologici e litologici presenti coincidono con condizioni di buona stabilità. A conferma, nella carta della pericolosità morfologica allegata al Regolamento Urbanistico (**fig. 8**), redatta ai sensi del DPGR 53/R/2011, il settore è classificato a **pericolosità bassa (classe G1)**. L'area della scheda C26 è quindi esterna al perimetro del PAI (Piano Assetto Idrogeologico) approvato con DCR n° 13/2005 per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica (aree PFE e PFME).

Dato il contesto morfologico e altimetrico il rischio idraulico è invece elevato. Nel tematismo del Regolamento Urbanistico il settore è infatti censito a **pericolosità molto elevata** (classe I.4, **fig. 9**), soggetto quindi ad episodi esondativi con tempo di ritorno trentennale. Da questo consegue l'inserimento della zona all'interno del perimetro delle aree soggette a pericolosità idraulica (aree p3, *alluvioni frequenti*, **fig. 10**) indicate dalla Direttiva PGRA.

La pericolosità sismica è stata infine censita come **bassa** (classe S1 di **fig. 11**). Al riguardo si rileva come nella carta delle MOPS allegata al RU il settore sia identificato come *zona sismica 1*, coincidente con una zona stabile con un substrato di natura granulare variamente cementato e non stratificato.

Nella **fig. 12** è riportato uno stralcio della carta della *vulnerabilità della falda*; questa è ritenuta alta (**classe V.3**). Ne consegue un livello di rischio medio-alto che nella fattispecie si riduce nettamente dal momento che gli interventi previsti non si riflettono in alcuna possibilità di interferenza con la falda.



CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

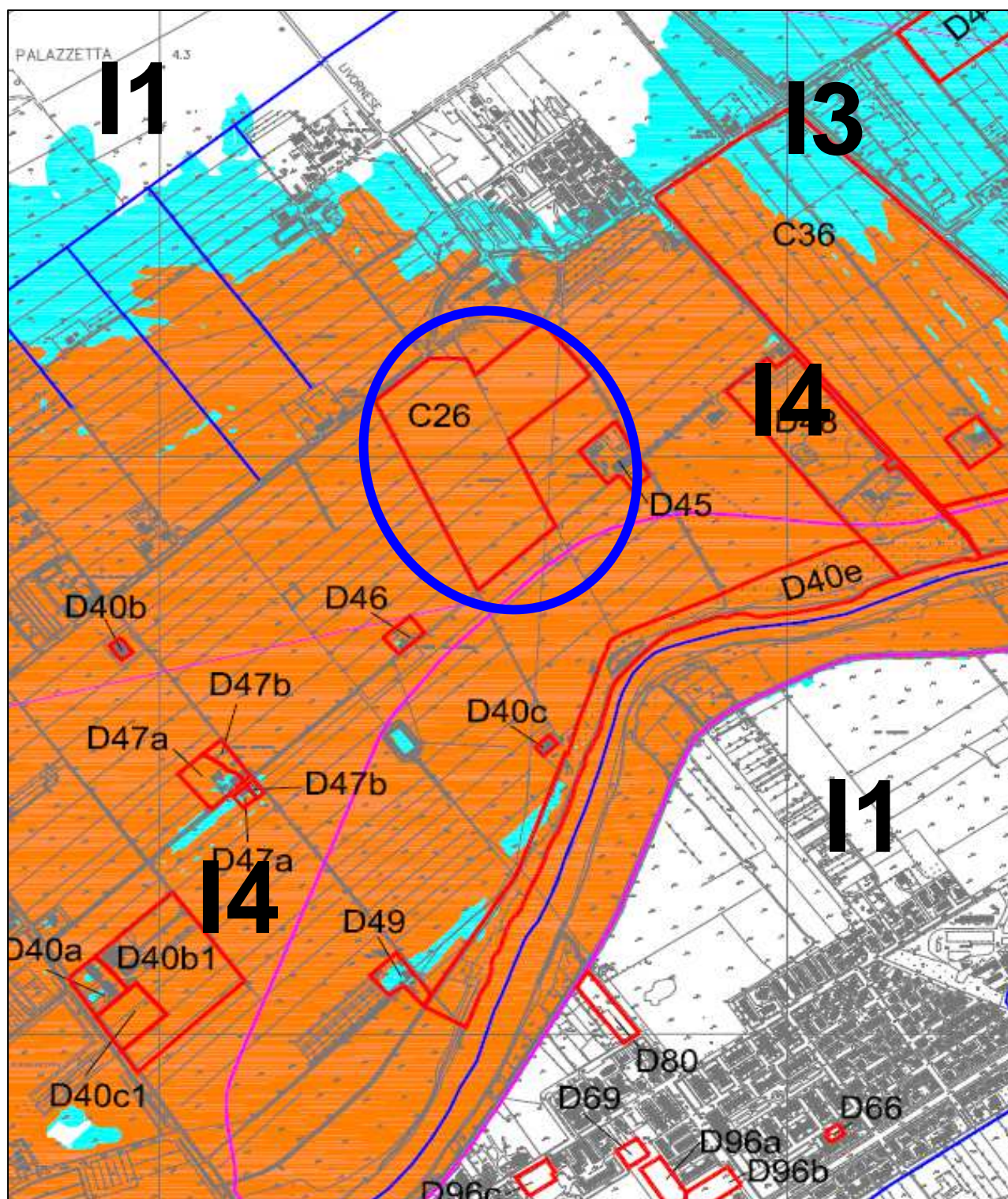
allegata al Regolamento Urbanistico

Classe G1 = pericolosità bassa

Classe G2 = pericolosità media

fig. 8

scala 1:10.000



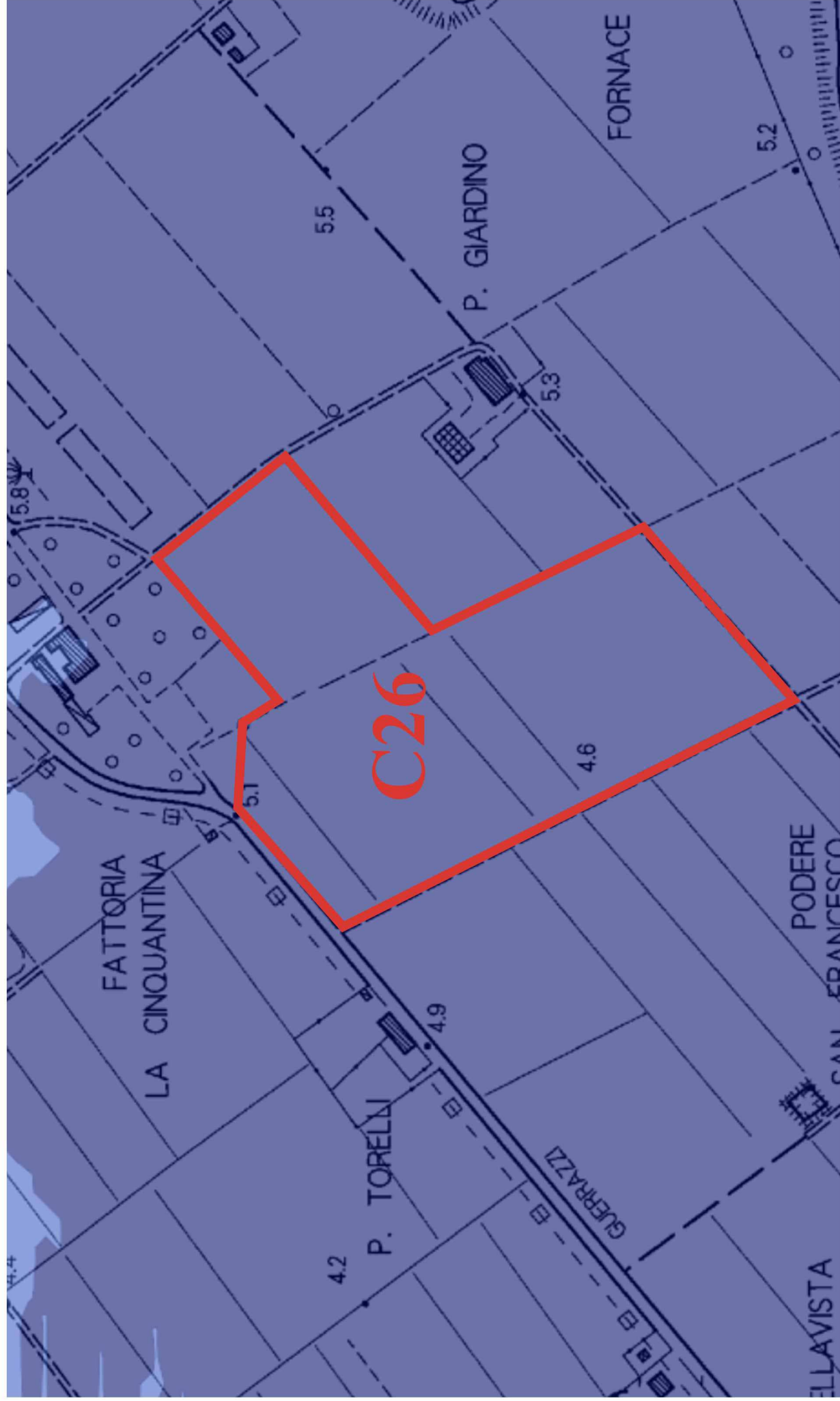
CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

allegata al Regolamento Urbanistico

- Classe I1** = pericolosità bassa
- Classe I2** = pericolosità media
- Classe I3** = pericolosità elevata
- Classe I4** = pericolosità molto elevata

fig. 9

scala 1:10.000



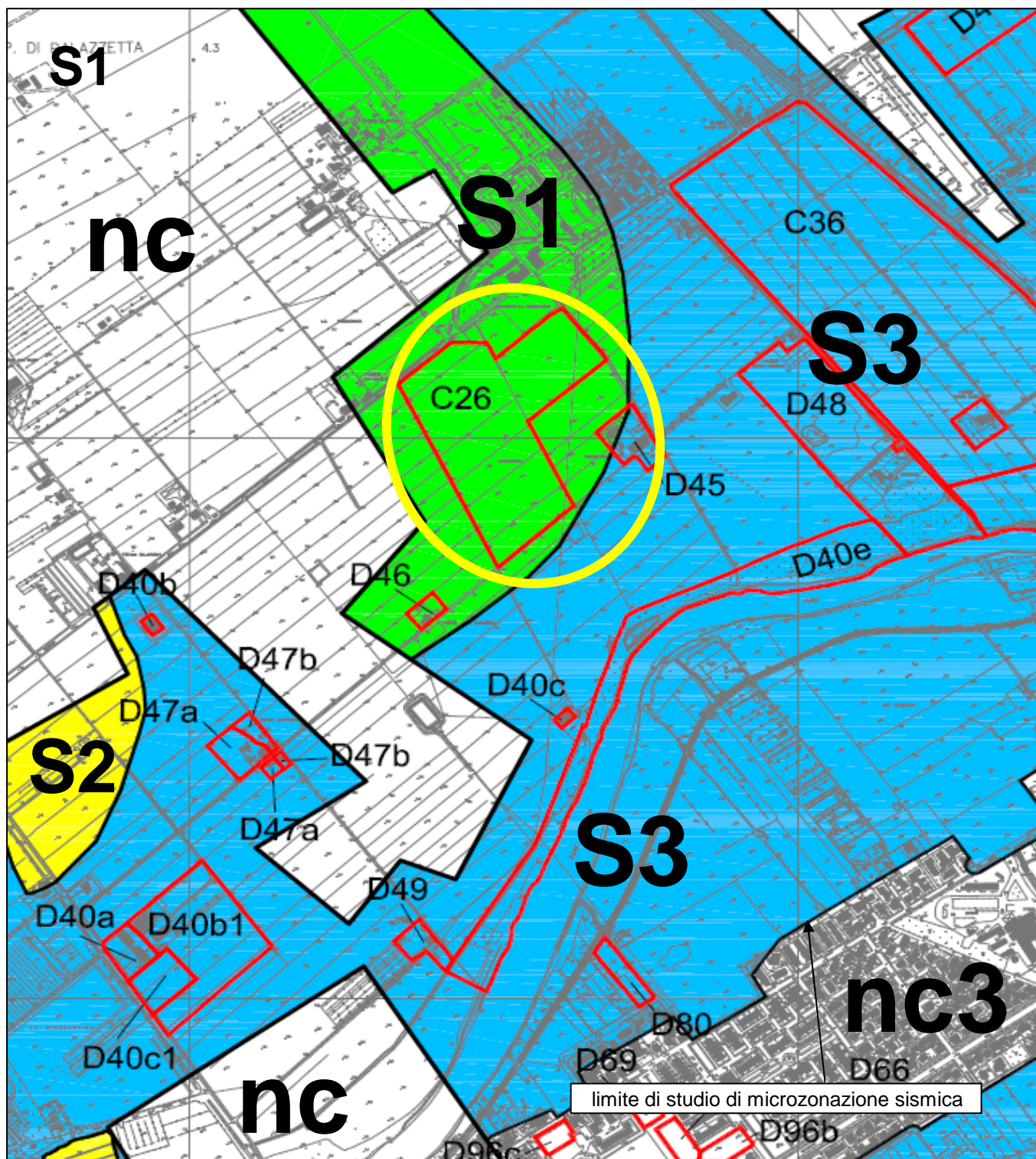
PERICOLOSITA' IDRAULICA AI SENSI DELLA DIRETTIVA P.G.R.A

P1- pericolosità bassa (alluvioni rare e di estrema intensità)

P2- pericolosità media (alluvioni poco frequenti)

P3- pericolosità elevata (alluvioni frequenti)

fig. 10 scala 1:5.000



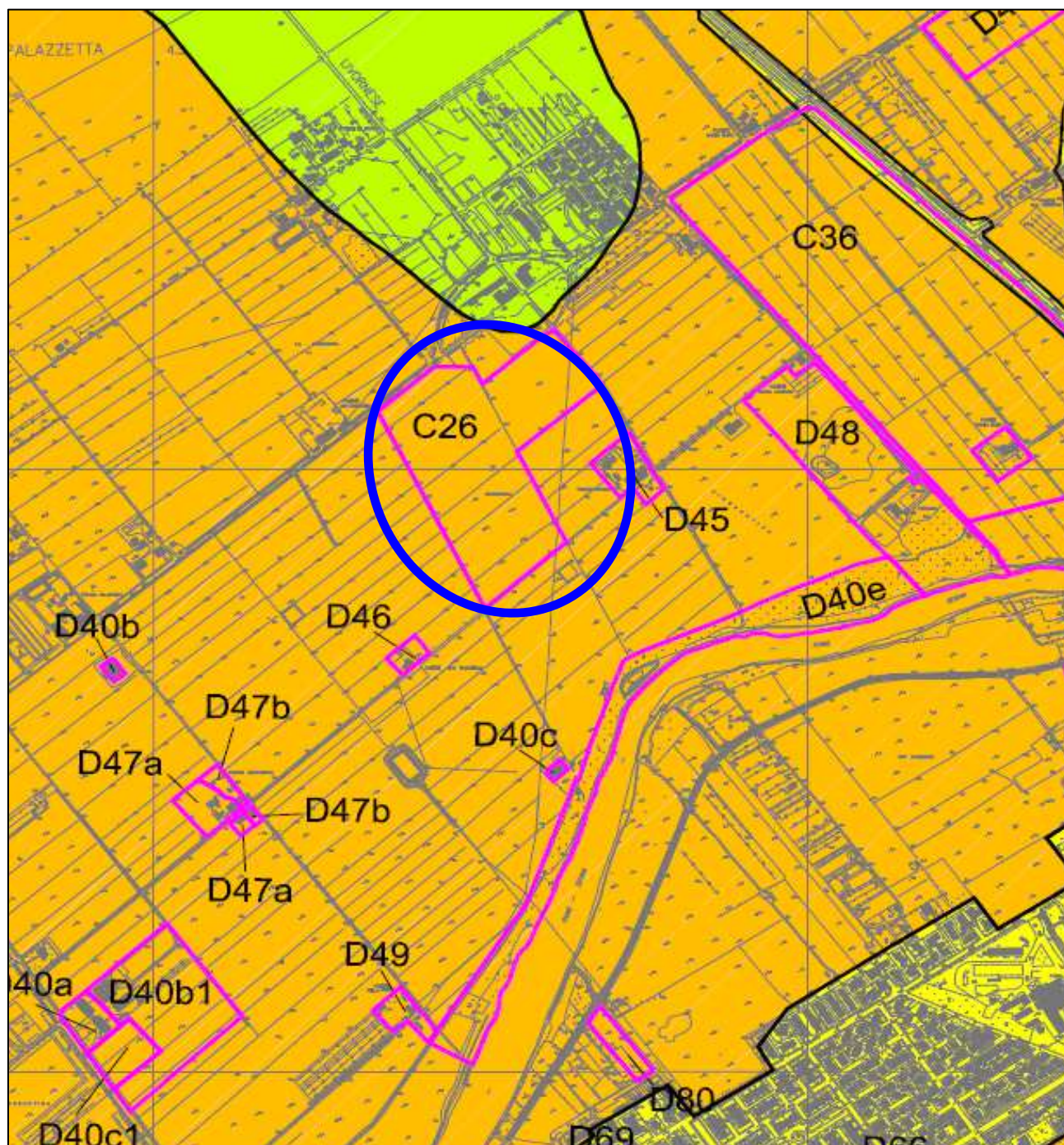
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

allegata al Regolamento Urbanistico

nc = aree non classificate
 classe S1 = pericolosità bassa
 classe S2 = pericolosità media
 classe S3 = pericolosità elevata

fig. 11

scala 1:10.000



CARTA DELLA VULNERABILITA'
allegata al Regolamento Urbanistico vigente

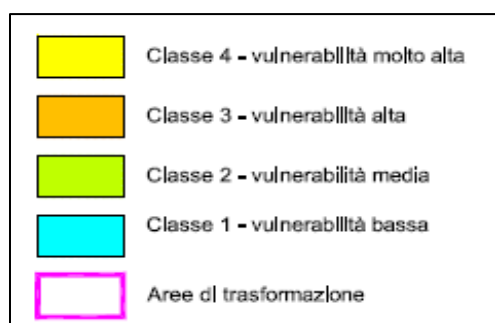


fig. 12

scala 1:10.000

Fattibilità degli interventi

Come si ricava dalla Scheda C26 allegata al Regolamento Urbanistico (fig. 3), gli interventi previsti all'interno del Comparto sono:

- nuova edificazione
- modifica e realizzazione delle reti tecnologiche
- riqualificazione, nuove sistemazioni aree a verde
- standard urbanistici (parcheggi)

La fattibilità dei singoli interventi, definita nella stessa Scheda C26, viene di seguito reiterata:

	Per. Geologica (G1)	Per. Idraulica (I4)	Per. sismica (S1)	Vuln. della falde (V3)
Nuova edificazione	F2	F4*	F1	F1
Reti tecnologiche	F1	F1	F1	F1
Aree a verde	F1	F1	F1	F1
Parcheggi	F1	F4*	F1	F2

Note: F4* = fattibilità idraulica subordinata alla realizzazione delle arginature remote di cui alla variante approvata con DCC 7 del 25/01/2008, parere Autorità di Bacino prat. n°22993 del 19/07/2005.

Nel dettaglio si rileva come la fattibilità sia **con normali vincoli (F2)** in merito agli aspetti geomorfologici relativamente agli interventi edificatori. Ne consegue che, a supporto dei singoli progetti esecutivi, dovranno essere redatte indagini geologico-tecniche ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17.01.2018) e all'art. 7 del DPGR 36/R del 09.07.2009. Relativamente agli stessi interventi, la fattibilità sismica è invece ritenuta **senza particolari vincoli (F1)**. Nonostante questo, nel contesto della formazione della documentazione a supporto del titolo abilitativo all'attività edilizia, sarà opportuno realizzare *una campagna di indagini geofisiche che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti, al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico.*

Emergono viceversa importanti condizionamenti in merito agli aspetti idraulici. Gli interventi edificatori e la realizzazione dei nuovi parcheggi sono infatti ritenuti a **fattibilità limitata (F4*)** in quanto interni alle aree a pericolosità idraulica molto elevata (p3 del PGRA) e subordinati alla realizzazione degli argini remoti del Fiume Cecina, di cui alla variante approvata con DCC 7 del 25/01/2008, parere Autorità di Bacino prat. n°22993 del 19/07/2005.

La fattibilità citata è ulteriormente confermata dalla recente Normativa a carattere idraulico. In data 24 luglio 2018, con pubblicazione sul BURT n° 33 del 01.08.2018, è stata emanata la Legge Regionale n° 41 (*disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua*). Essa ha annullato le Norme del PAI e la L.R. 21/2012, fornendo un nuovo quadro normativo in merito agli interventi previsti nelle aree a pericolosità di alluvioni (o idraulica). Le Norma è entrata in vigore il 01.10.2018.

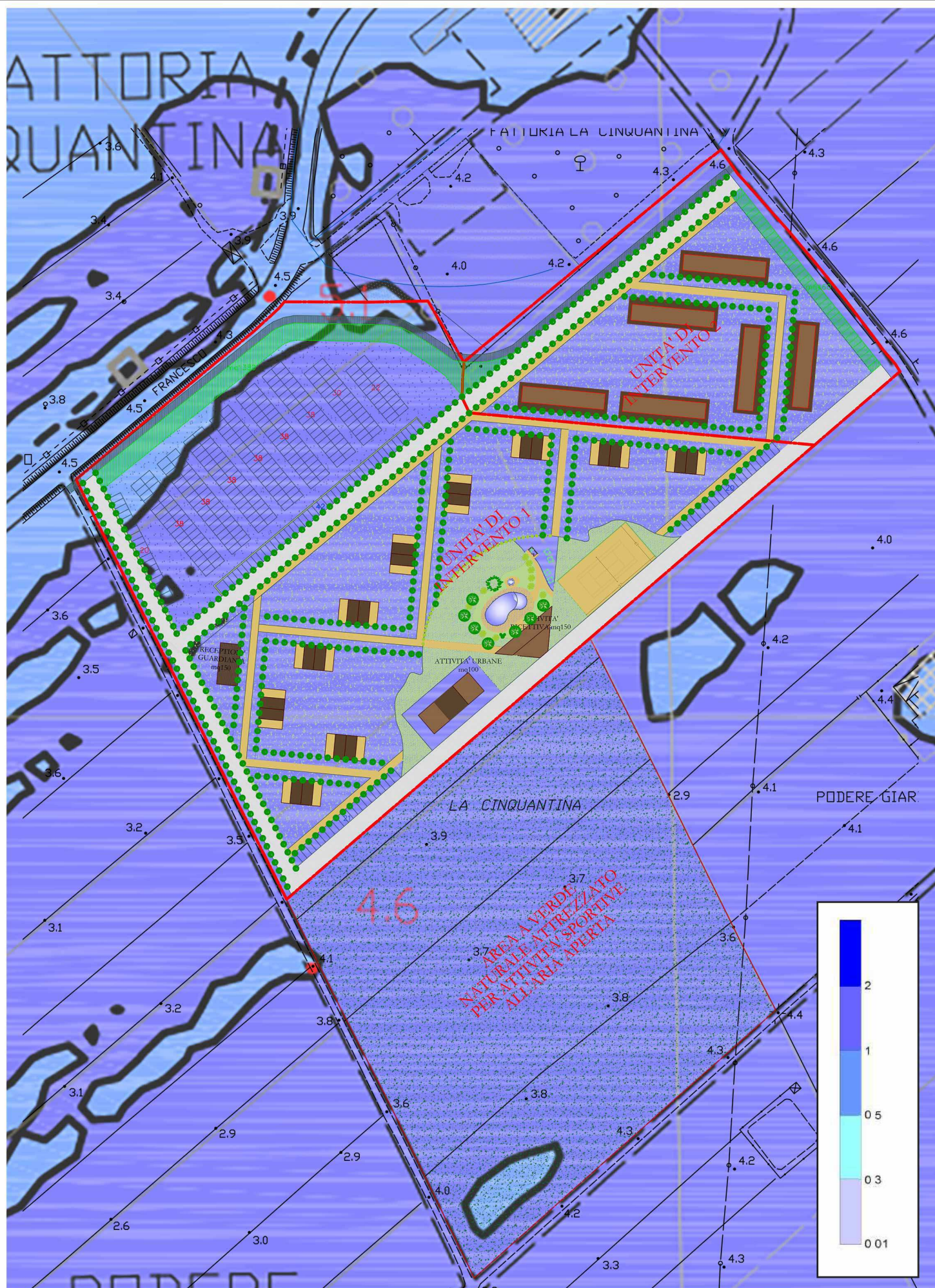
Il comma 1 dell'art. 17 della L.R. 41/2018 indica che *gli interventi già previsti dagli strumenti urbanistici alla data di entrata in vigore della presente legge sono realizzati alle condizioni da essa stabilite*. Ne deriva come la fattibilità delle previsioni urbanistiche della Scheda C26 debba essere rivisitata (in questo caso confermata) alla luce della nuova Normativa.

In base alle definizioni illustrate all'art. 2 della L.R. 41/2018 tutta l'estensione della Scheda è da ritenersi soggetta a *pericolosità per alluvioni frequenti* contrassegnata da una *magnitudo idraulica molto severa*.

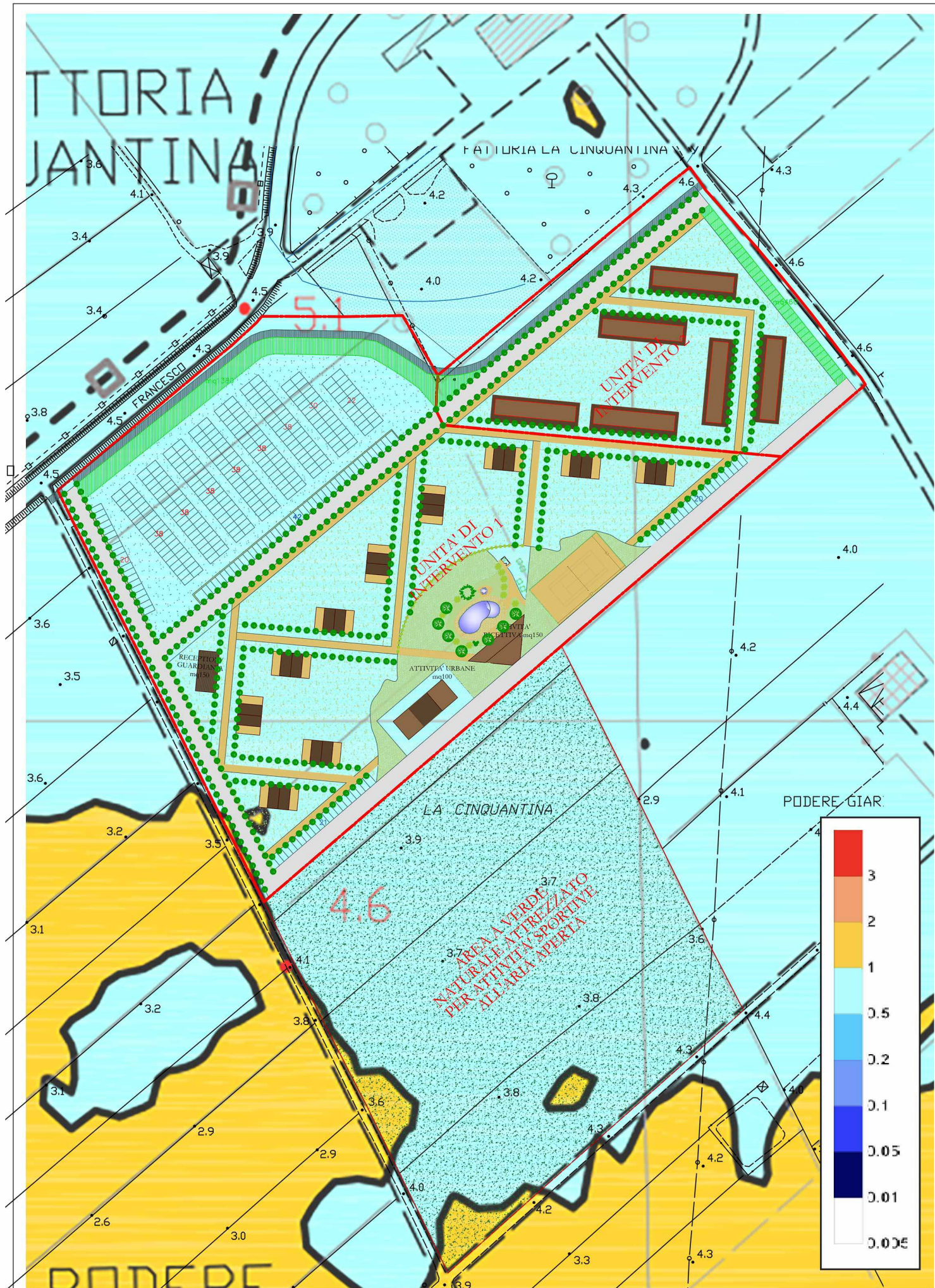
La prima definizione deriva direttamente dalla cartografia della Direttiva PGRA e da quanto indicato al punto b) del comma 1 dell'art. 18 della 41/2018. La seconda definizione consegue invece quanto descritto al punto h3) dell'art. 2 della 41/2018. L'area è infatti soggetta ad un battente d'acqua, associato ad un potenziale episodio esondativo con Tr 200 anni, compreso tra 1.0 e 2.0 metri (**fig. 13**), quindi superiore a 1.0 metro indicato come limite normativo, indipendentemente dalla velocità idraulica, quantificata tra 0.5 e 1.0 m/sec (**fig. 14**).

La fattibilità degli interventi edilizi è normata dall'art. 16 delle L.R. 41/2018 (*interventi edilizi fuori dal territorio urbanizzato*). Al riguardo il comma 1 dell'art. 16 cita che: *gli interventi edilizi sono realizzati alle condizioni degli articoli 10, 11, 12 e 13 della Norma*.

In particolare, relativamente alle previsioni della Scheda C26, si applica l'art. 11 per gli interventi edilizi e l'art. 13 in merito alle infrastrutture lineari o a rete. Al riguardo il comma 1 dell'art. 11 (il più restrittivo e quindi quello più condizionante) cita che:



PLANIMETRIA GENERALE DEL COMPARTO CON SOVRAPPOSIZIONE DEI BATTENTI IDRAULICI DA STUDIO ING. PAGLIARA (da R.U.)



PLANIMETRIA GENERALE DEL COMPARTO CON SOVRAPPOSIZIONE DELLE VELOCITA' IDRAULICHE DA STUDIO ING. PAGLIARA (da R.U.)

fig. 14

scala 1:2.000

nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere idrauliche di cui all'arto 8 comma 1, lettere a) o b)

dove il comma 1 dell'art. 8 esplicita che

la gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere:

- a) opere idrauliche che assicurino l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;*
- b) opere idrauliche che riducano gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree.*

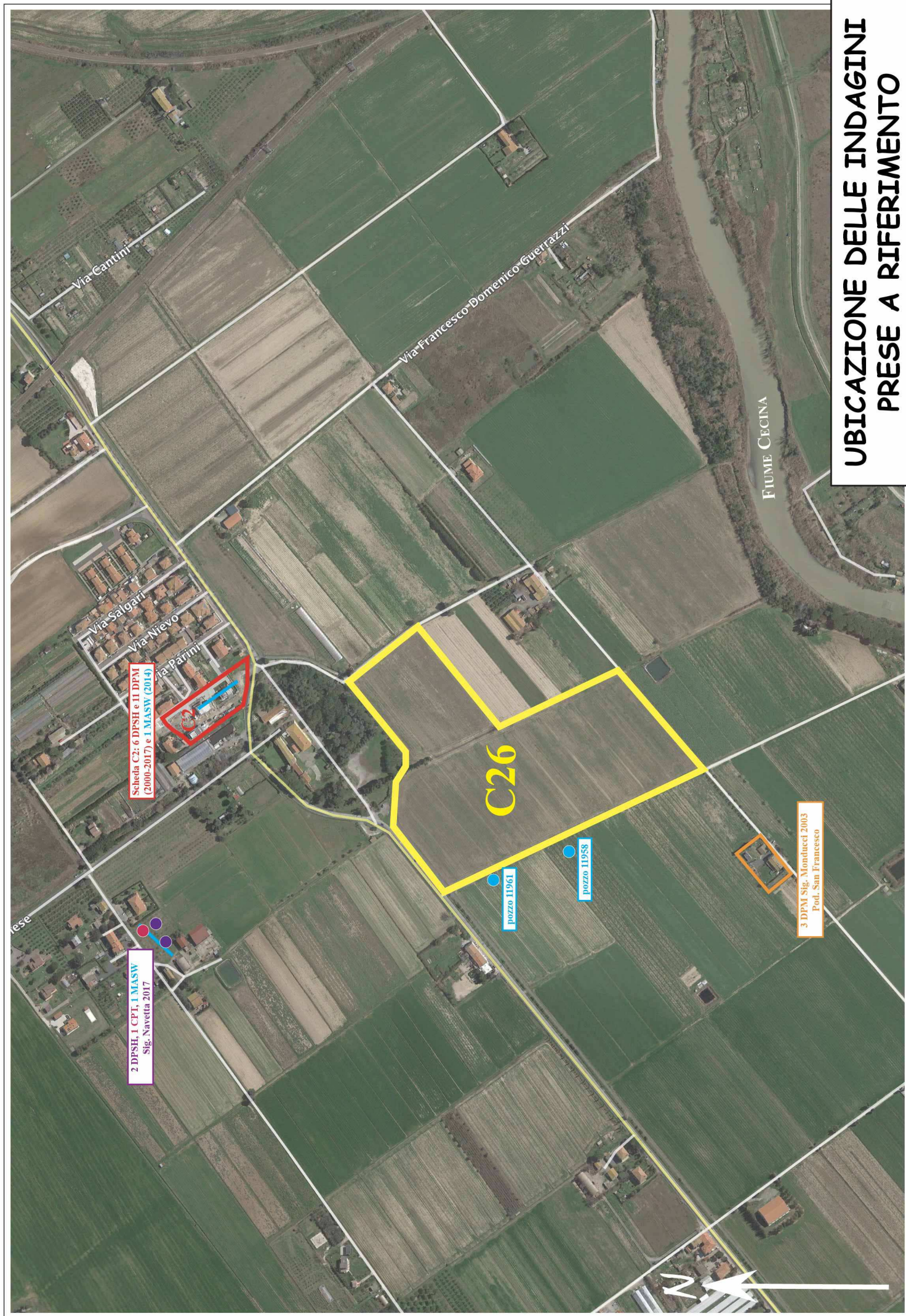
In entrambi i casi indicati si fa chiaro riferimento alla necessità di realizzare opere idrauliche che nella fattispecie sono già state individuate negli argini remoti del Fiume Cecina, nello specifico quello in destra idrografica, i quali sono già stati progettati ed omologati dall'Autorità di Bacino (prat. n° 22993 del 19/07/2005). Le previsioni della Scheda C26 saranno pertanto attuabili solo successivamente alla realizzazione del suddetto argine remoto in destra del Fiume Cecina.

Metodologia d'indagine

Il contesto litologico del settore è documentabile tramite la stratigrafia ricavata dalla perforazione di alcuni pozzi prossimi la zona; come anticipato di questi si riportano i due più significativi, posti sul margine occidentale del Comparto in parola (ID 11958 e ID 11961, **fig. 15**) ripresi dal data-base del Progetto INCAS della Provincia di Livorno, e il pozzo romano interno la resede del Podere S. Francesco, circa 100 metri a sud-ovest del Comparto in oggetto (**fig. 15**).

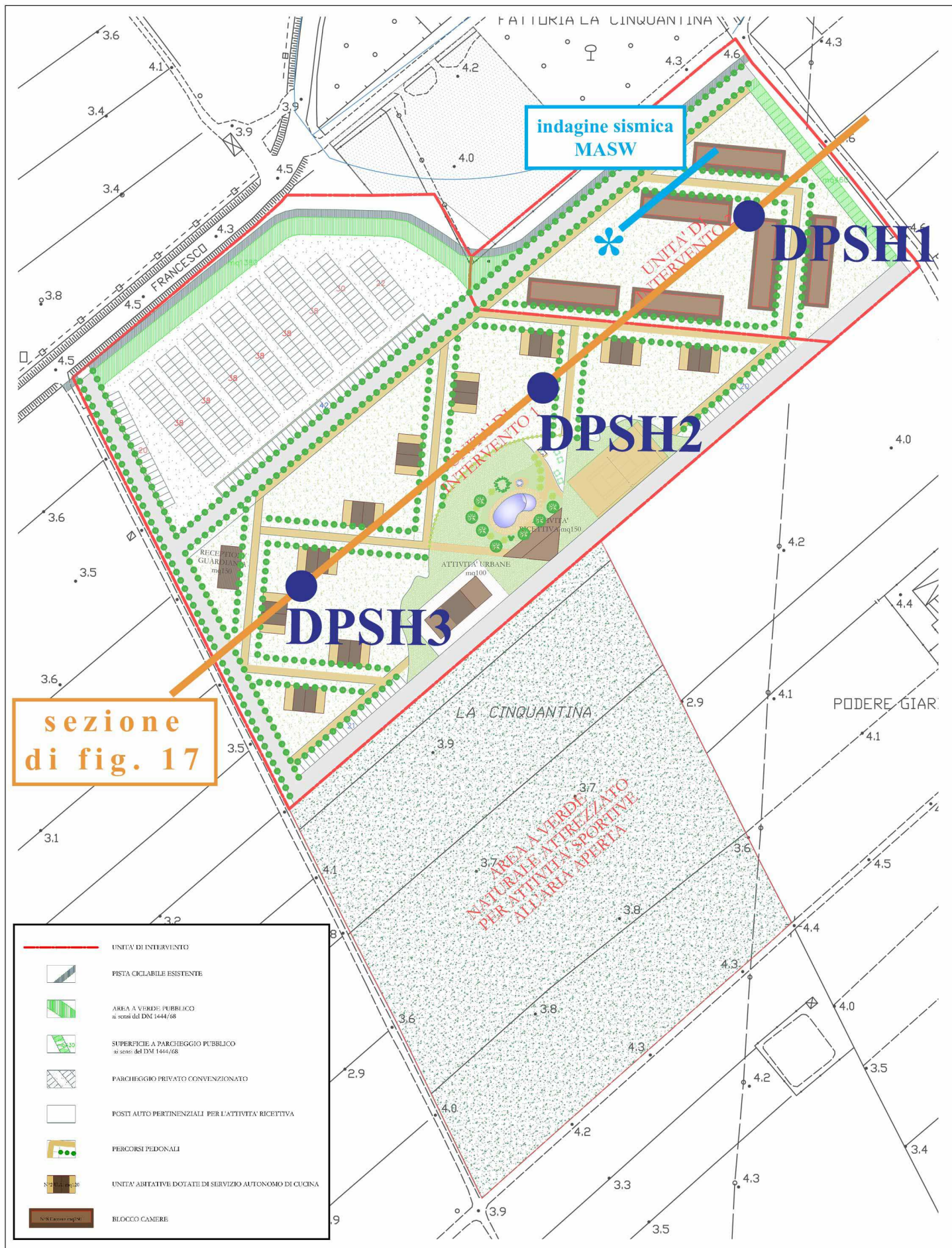
Oltre a quanto in precedenza è stato fatto riferimento ad alcune indagini geognostiche svolte dagli scriventi in prossimità dell'area della Scheda (**figg. 15 e 16**); le indagini sono riassunte di seguito; i risultati, unitamente a quelli citati in precedenza, sono allegati

- 11 penetrometrie dinamiche medie (non allegate), 6 penetrometrie dinamiche pesanti e un'indagine sismica di tipo MASW eseguite all'interno del Comparto C2, posto 200 metri a nord-est dell'area in parola, a supporto della relativo Piano Attuativo e della successiva realizzazione degli edifici abitativi (2000 - 2017);



UBICAZIONE DELLE INDAGINI PRESE A RIFERIMENTO

fig. 15 scala alterata, foto aerea ripresa da GoogleEarth



UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE ALL'INTERNO DELLA SCHEDA C26

- 3 penetrometrie dinamiche medie a supporto della ristrutturazione del Podere San Francesco, posto circa 120 metri a sud-ovest del Comparto in parola (2003);
- 2 penetrometrie dinamiche pesanti, 1 penetrometria statica e un'indagine sismica di tipo MASW eseguita all'interno della proprietà del Sig. Navetta posta in Via Traversa Livornese, circa 200 metri a nord dell'area in oggetto (2017), a supporto della realizzazione di un edificio per civile abitazione.

A supporto della presente indagine, per confermare l'omogeneità litologica e litotecnica del substrato, sono state eseguite tre penetrometrie dinamiche (**fig. 16**). Per l'indagine penetrometrica è stato utilizzato un penetrometro DPSH (*definito super pesante secondo la classificazione ISSMFE 1988*) con massa battente di 63.5 kg, altezza di caduta costante di 75 cm e con punta conica a recupero. I diagrammi sono allegati. Anche per le indagini prese a riferimento e sopra citate (tranne nel caso delle penetrometrie per il Piano Attuativo del Comparto C2 e per la ristrutturazione del Podere San Francesco), è stato utilizzato lo stesso tipo di penetrometro super pesante, che in modalità statica presenta una pressione indotta di 10 tonnellate, auto-ancorante, dotato di cella di carico elettronica e punta meccanica tipo Begemann.

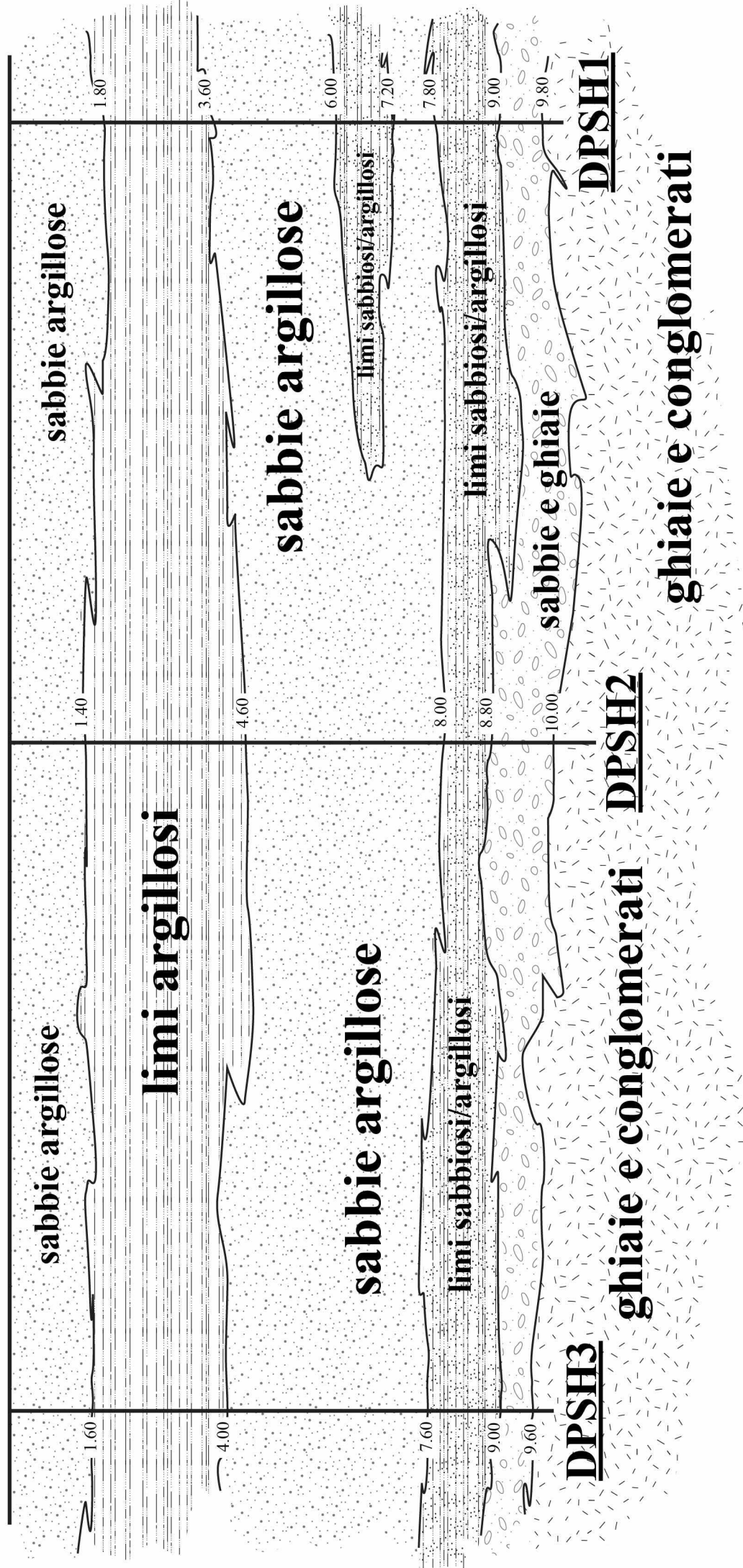
A supporto dei futuri singoli progetti esecutivi dovranno essere svolte ulteriori indagini geognostiche di dettaglio, sulla base di quanto indicato dalla Normativa vigente, che andranno ad implementare i dati disponibili descritti.

Al fine di fornire informazioni preventive sull'*identificazione della categoria di sottosuolo* (punto 3.2.2 del D.M. 17.01.2018 - *Norme Tecniche per le Costruzioni*) è stata eseguita un'indagine sismica di tipo MASW (**fig. 16**). L'indagine è stata eseguita dagli Scriventi; i risultati sono allegati.

Inquadramento litologico

Analizzando i risultati delle penetrometrie eseguite nell'area della Scheda C26 ed implementando gli stessi con i numerosi dati disponibili, è possibile ricostruire il modello litologico di dettaglio. Il substrato del settore risulta omogeneo (**fig. 17**). In superficie è presente un modesto spessore di coltre, associata all'uso agricolo, seguito da un livello di **sabbie argillose** spesso 1.40/2.00 metri, a sua volta sovrastante un orizzonte di **limi**

Vista da sud-est



SEZIONE LITOLOGICA E LITOTECNICA

fig. 17 distanza scala 1:1.000
 altezza scala 1:100

argillosi, presenti fino a 4.00/5.00 metri dal p.c. Segue un secondo livello di sabbie argillose di potenza significativa ed uno ulteriore di limi sabbiosi/argillosi (con la profondità aumenta decisamente la presenza della porzione limosa). Lungo tutte le verticali realizzate l'orizzonte coesivo si interrompe alla stessa profondità dal p.c. (8.80/9.00 metri da p.c.), passando in modo netto ad un **litotipo sabbioso ghiaioso** caratterizzato da ghiaie e conglomerati anche cementati, che ha posto lo strumento in condizioni di rifiuto alla penetrazione. Il substrato ghiaioso conglomeratico è stato investigato a partire da 9.60-10.00 metri da p.c..

Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dei litotipi costituenti il substrato può essere effettuata mettendo in relazione il numero di colpi ottenuto dalle penetrometrie eseguite nel Comparto con la resistenza alla Prova di Penetrazione Standard (**SPT**). Da questa si ottengono poi i valori dei singoli parametri per correlazione con l'abbondante letteratura esistente. I valori ottenuti, dettagliati negli allegati per ciascun penetrometria, essendo desunti per correlazione, hanno naturalmente un valore indicativo, affetto da un errore percentuale proporzionale al metodo d'indagine adottato.

Litologia	Sabbie argillose	Limi argillosi
Numero medio di colpi	6 - 9	3 - 5
N _{SPT} corrispondente	10 - 13	4 - 6
Angolo di attrito interno	30.6° - 30.9°	0°
Coesione	0.50 – 0.63 kg/cmq	0.25 – 0.38 kg/cmq
Peso di volume	1.93 – 1.95 g/cmc	1.80 – 1.85 g/cmc

11 - Risultati dell'indagine sismica

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in **onde di corpo** e **onde di superficie**. Fra queste ultime si hanno le onde di Rayleigh, le onde di Love e le onde di Lamb. In particolare le **onde di Rayleigh**, sulla base delle quali si fonda il metodo MASW, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogenea ed isotropo. In presenza di un semispazio non omogeneo, quando cioè il terreno presenta una stratificazione, la velocità di propagazione viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede. La velocità delle onde varia cioè in funzione della frequenza. Si assiste

quindi alla deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questo fenomeno è noto con il termine di **dispersione**. Questo tipo di indagine è molto utile nel caso in cui l'obiettivo sia quello di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S (V_s) nel terreno. La V_s è infatti proprio il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

L'indagine secondo la tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali (nel nostro caso ne sono stati utilizzati 24). Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5 Hz). Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura *AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit"*. Il software di acquisizione dati è "*ECHO 12-24" vers. 7.00*". L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes-out spazati a 5 m, con connettori *cannon*, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 kg. con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo. Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- numero geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 1.5 m
- numero shots: sono state effettuate 2 rilevazioni, impiegando la mazza di battuta, a distanze di 2 e 5 metri dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle V_s .

Il profilo è da considerare orizzontale, in quanto i dislivelli lungo lo stendimento sono risultati nulli. Per il processo d'interpretazione/inversione è stata utilizzata la curva di dispersione relativa lo "shot" posto a 5 m dalla linea geofonica. Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software ***winMASW 4.1.1 professional***, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio V_s tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con *algoritmi genetici*. Per dare uno spazio di ricerca significativo al processo di inversione ci si è infine basati anche sul contesto geo-litologico locale. I diagrammi ed il report relativi al procedimento di elaborazione ed

inversione sono allegati. L'indagine è ritenuta corretta. Sono stati individuati 6 strati a differente velocità V_{sh} :

- **secondo il MODELLO MEDIO:**

strato	1	2	3	4	5	6
V_{sh} (m/sec)	180	298	213	247	327	649
spessore (m)	1.6	2.3	2.1	1.1	19.8	

- **secondo il MODELLO MIGLIORE:**

strato	1	2	3	4	5	6
V_{sh} (m/sec)	176.8339	296.9234	201.2005	246.3435	326.8753	649.1656
spessore (m)	1.43634	2.34712	2.07961	1.05221	19.7765	

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine (da piano campagna) si ha :

- VS_{eq} del modello medio: 312 m/sec
- VS_{eq} del modello migliore: 312 m/sec

Ai fini della classificazione nelle **categorie di suolo di fondazione** (D.M. 17.01.2018) è stata effettuata una valutazione del parametro VS_{eq} utilizzando una media ponderata dei valori delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri, rispetto agli spessori degli orizzonti indagati. Il valore medio calcolato (**312 m/sec**) conduce ad inserire il substrato indagato nel **campo C** ovvero (tabella 3.2. II NTC):

depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (V_s) compresi tra 180 m/s e 360 m/s

Le altre due indagini sismiche di tipo MASW eseguite nella zona e prese a riferimento (fig. 15) hanno mostrato risultati non del tutto analoghi. I risultati ottenuti identificano comunque correttamente il contesto litologico del settore, omogeneo nella porzione superficiale ma con decise differenze per quanto riguarda la profondità a cui compare il substrato continentale granulare sottostante la copertura alluvionale. Nei settori a nord di Via Guerrazzi, sia con le indagini penetrometriche sia con quelle sismiche, il substrato sabbioso è stato infatti rinvenuto a profondità prossime la superficie, al di sotto di un modestissimo spessore di coltre. Inoltre, nei suddetti casi, il substrato sabbioso si è continuato in quello ghiaioso-conglomeratico a profondità variabili ma decisamente più superficiali rispetto a quanto osservato con le penetrometrie interne il Comparto C26 in parola. Quanto descritto (assenza delle alluvioni e substrato cementato a profondità modeste

rispetto al p.c.) si è tradotto in un valore della V_{seq} superiore e in quindi in un suolo di tipo B. Il valore è infatti risultato pari a 398 m/sec per il Comparto C2-Giannetti (quindi abbastanza prossimo il limite tra le classi B e C della tabella 3.2. II NTC) e pari a 590 m/sec per la proprietà Navetta, dove il substrato continentale ha mostrato fin da subito caratteristiche di densità media e/o elevata.

Inquadramento geotecnico

Al momento, coerentemente con il grado di progettazione previsto a livello di Piano di riqualificazione (planivolumetrico), non sono state eseguite valutazioni di carattere geotecnico. Come già indicato, precedentemente alla fase esecutiva dovranno essere eseguite le necessarie indagini geognostiche, geotecniche e sismiche secondo quanto indicato dal D.M. 17.01.2018 (*Norme Tecniche per le Costruzioni*) e del DPGR 36/R/2009. Questo in maniera da formulare le verifiche sulla sicurezza e sulle prestazioni dell'opera con relativa valutazione degli stati limite (**capitolo 2 D.M. 17.01.2018**). In tale fase si procederà alla definizione della *resistenza del terreno* (R_d) in condizioni statiche e dinamiche.

Le future campagne geognostiche saranno inoltre finalizzate a confermare i dati disponibili, a definire la continuità laterale dei livelli indagati con le indagini esplicitate nella presente nota e a parametrizzare nel dettaglio i singoli siti d'imposta fondali; infine esse dovranno:

- evidenziare l'entità dello spessore superficiale di coltre o terreno agricolo rimaneggiato, che dovrà essere rimosso in quanto non adeguato a fungere da sito fondale;
- definire la tipologia fondazionale più idonea sulla base della soluzione architettonica indicata e, conseguentemente, quantificare le grandezze geotecniche in gioco;

Il paragrafo 7.11.3.4 del DM 17.01.2018 (*stabilità nei confronti della liquefazione*) indica che il sito presso il quale è ubicato un manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine l'insieme di quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o all'accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Lo stesso paragrafo indica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

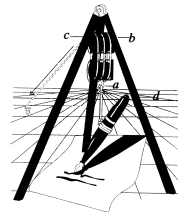
Nello specifico dell'intervento in oggetto si ritiene che non sia necessaria la verifica alla liquefazione. Come indicato in precedenza, pur avendo rilevato la presenza di una falda freatica superficiale interna i litotipi componenti la parte superiore del substrato (*limi argillosi e sabbie argillose*), questi risultano esterni alla distribuzione granulometrica contraddistinta dalla possibilità di liquefazione per l'azione sismica (*punto 4*), mentre l'orizzonte granulare cementato sottostante si mostra contrassegnato da una resistenza penetrometrica normalizzata superiore a 30 (*punto 3*). Ne deriva come, essendo normativamente ammessa l'esclusione della verifica alla liquefazione, il fenomeno non sia da attendersi nel settore in esame.

Allegati

- Documentazione fotografica
- Stratigrafia dei pozzi ID 11958 e ID 11961 ripresi dal data base della Provincia di Livorno
- Diagrammi delle penetrometrie eseguite nel Comparto C26 e parametrizzazione conseguente
- Report e risultati dell'indagine sismica di tipo Masw eseguita nel Comparto C26
- Diagrammi delle penetrometrie eseguite all'interno Comparto C2 (2000-2017)
- Report e risultati dell'indagine sismica di tipo Masw eseguita nel Comparto C2
- Diagrammi delle penetrometrie eseguite nella resede del Podere San Francesco (2003)
- Diagrammi delle penetrometrie eseguite all'interno della proprietà del Sig. Navetta (2017)
- Report e risultati dell'indagine sismica di tipo Masw eseguita nella proprietà del Sig. Navetta (2017)

Cecina, 31.10.2018

Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47



*INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO
AL PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
SCHEDA NORMATIVA C26 del R.U.
IN LOCALITA' LA CINQUANTINA*

COMUNE DI CECINA

Stratigrafia pozzi 11958 e 11961 da INCAS

Documentazione fotografica



Penetrometrie dinamiche cantiere C26

Parametri geotecnici relativi

Indagine sismica di tipo MASW


Provincia di Livorno
Unità di Servizio 3.1

Stratigrafia del pozzo n.: 11958

Spessore	m	Strati	Descrizione
1	1.00		Terreno vegetativo
6	7.00		Argilla sabbiosa gialla
4	11.00		Ghiaia con acqua
9	20.00		Lastre di conglomerato
6	26.00		Argilla azzurra

Provincia di Livorno
Unità di Servizio 3.1

Stratigrafia del pozzo n.: 11961

Spessore	m	Strati	Descrizione
5	5.00		Terreno vegetale
2	7.00		Argilla gialla
9	16.00		Argilla azzurra
6	22.00		Conglomerato con ghiaia e acqua
2	24.00		Argilla azzurra

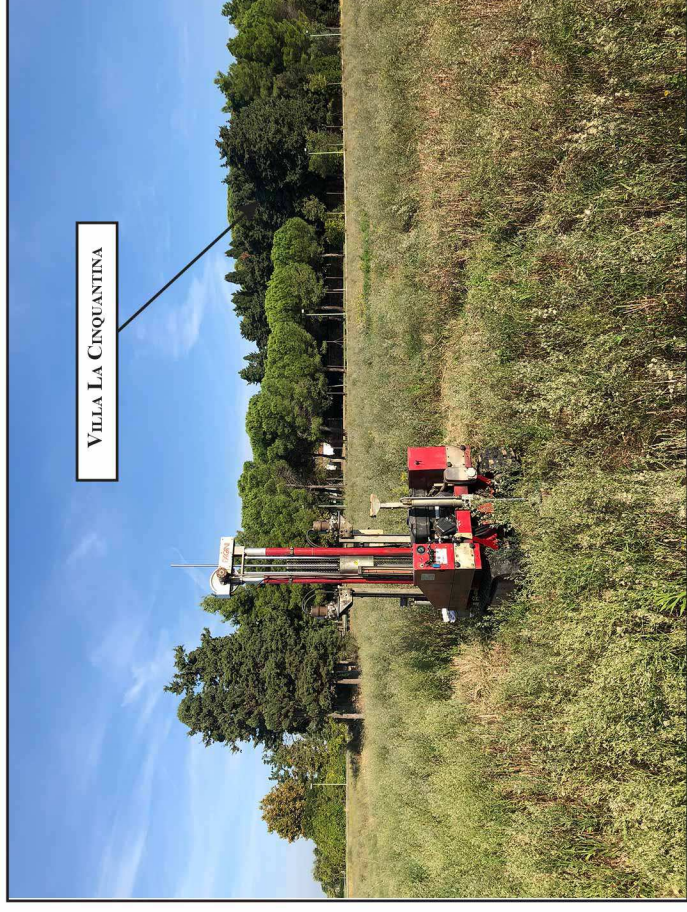


Foto 1-2: ubicazione prove penetrometriche dinamiche DPSH1 e DPSH2, eseguite rispettivamente nella porzione nord-orientale e centrale della Scheda C26.



Foto 3-4: ubicazione indagine sismica MASW (porzione iniziale - centrale e centrale - finale), eseguite nella porzione nord-orientale della Scheda C26.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH1

Scala 1: 100

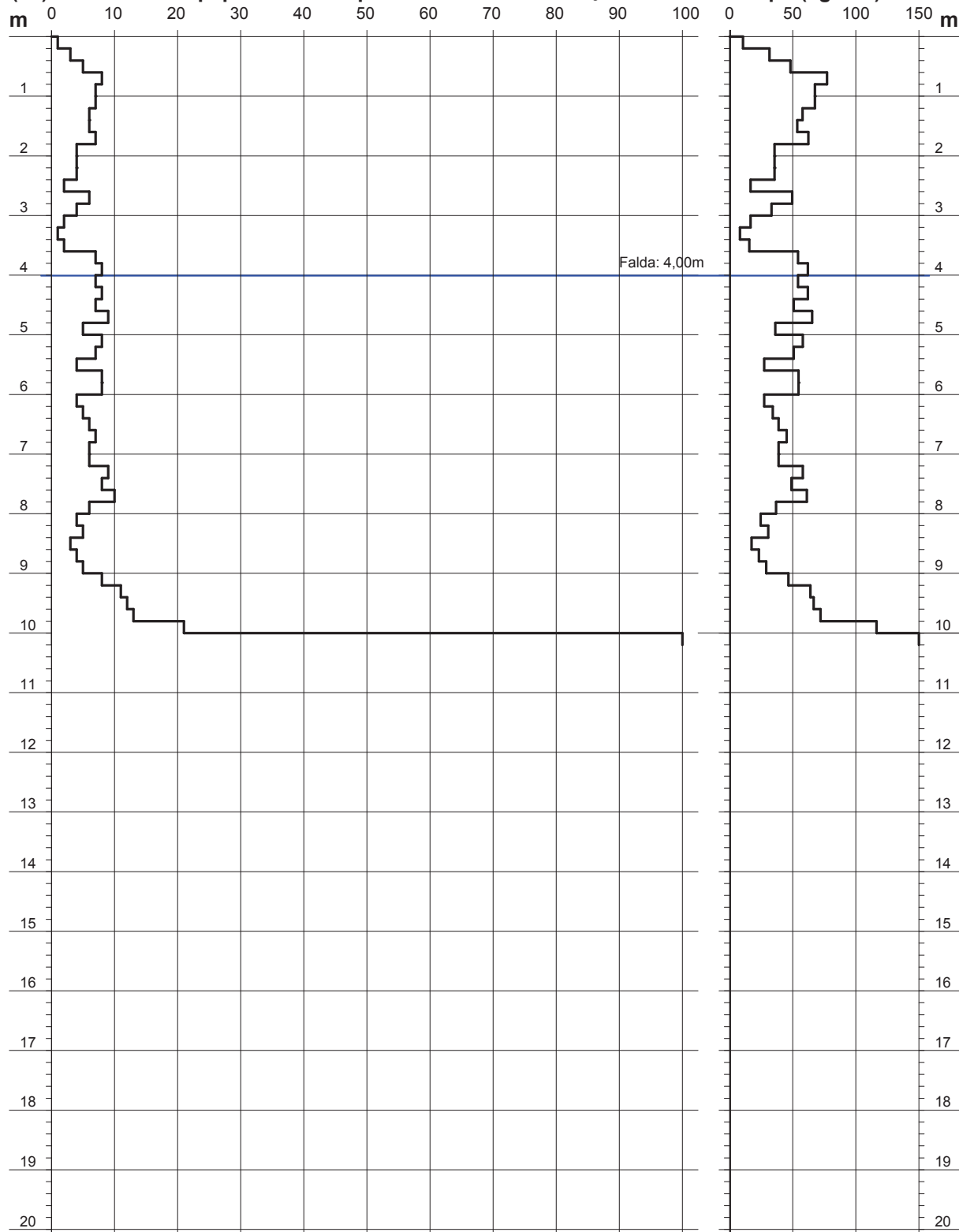
- cantiere : Sig.ra Siria Massei
- lavoro : Piano Attuativo C26
- località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data prova : 19/10/2018
- quota inizio :
- prof. falda : 4,00 m da quota inizio
- data emiss. : 30/10/2018

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

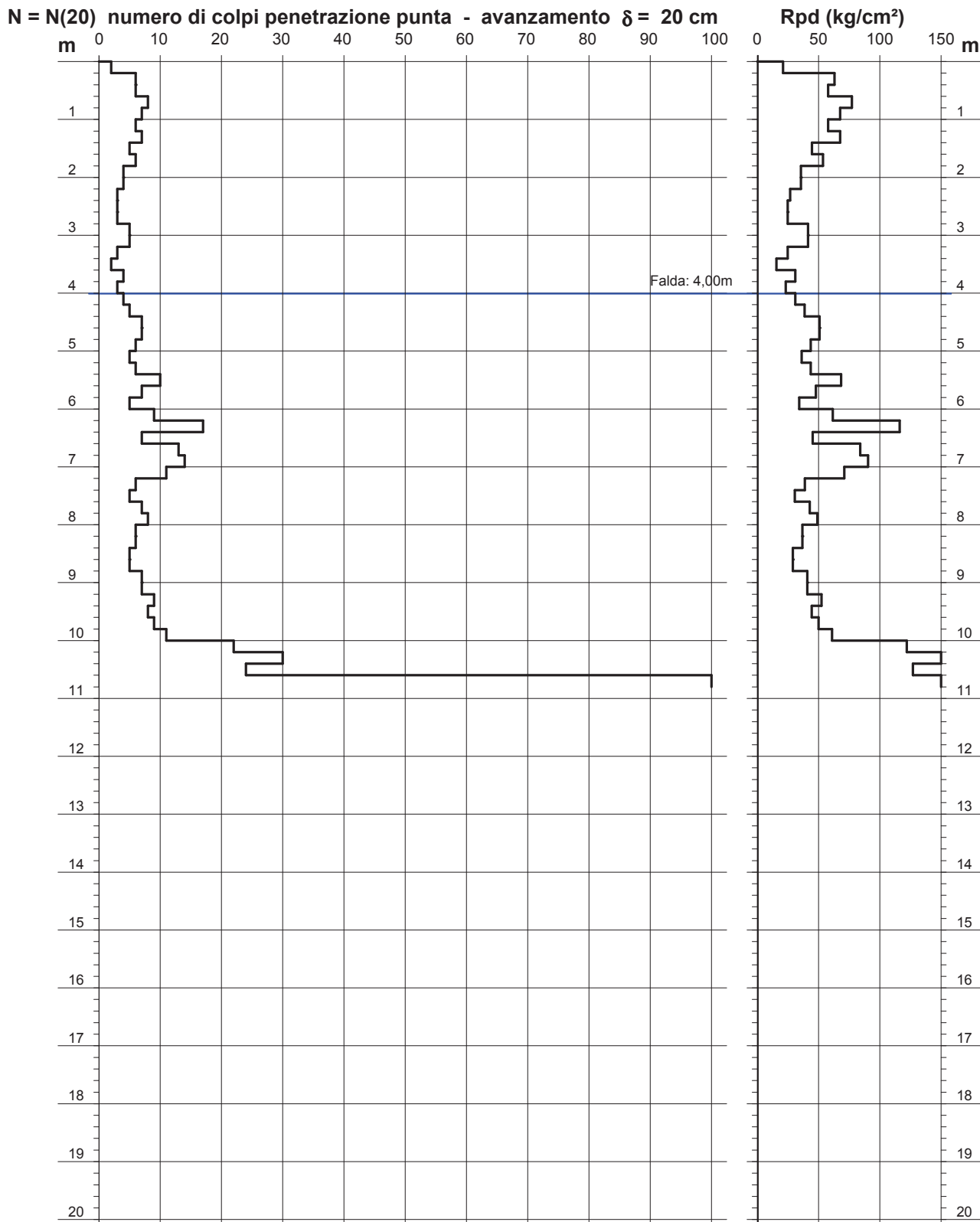
DIN DPSH2

Scala 1: 100

- cantiere : Sig.ra Siria Massei
- lavoro : Piano Attuativo C26
- località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data prova : 19/10/2018
- quota inizio :
- prof. falda : 4,00 m da quota inizio
- data emiss. : 30/10/2018

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH3

Scala 1: 100

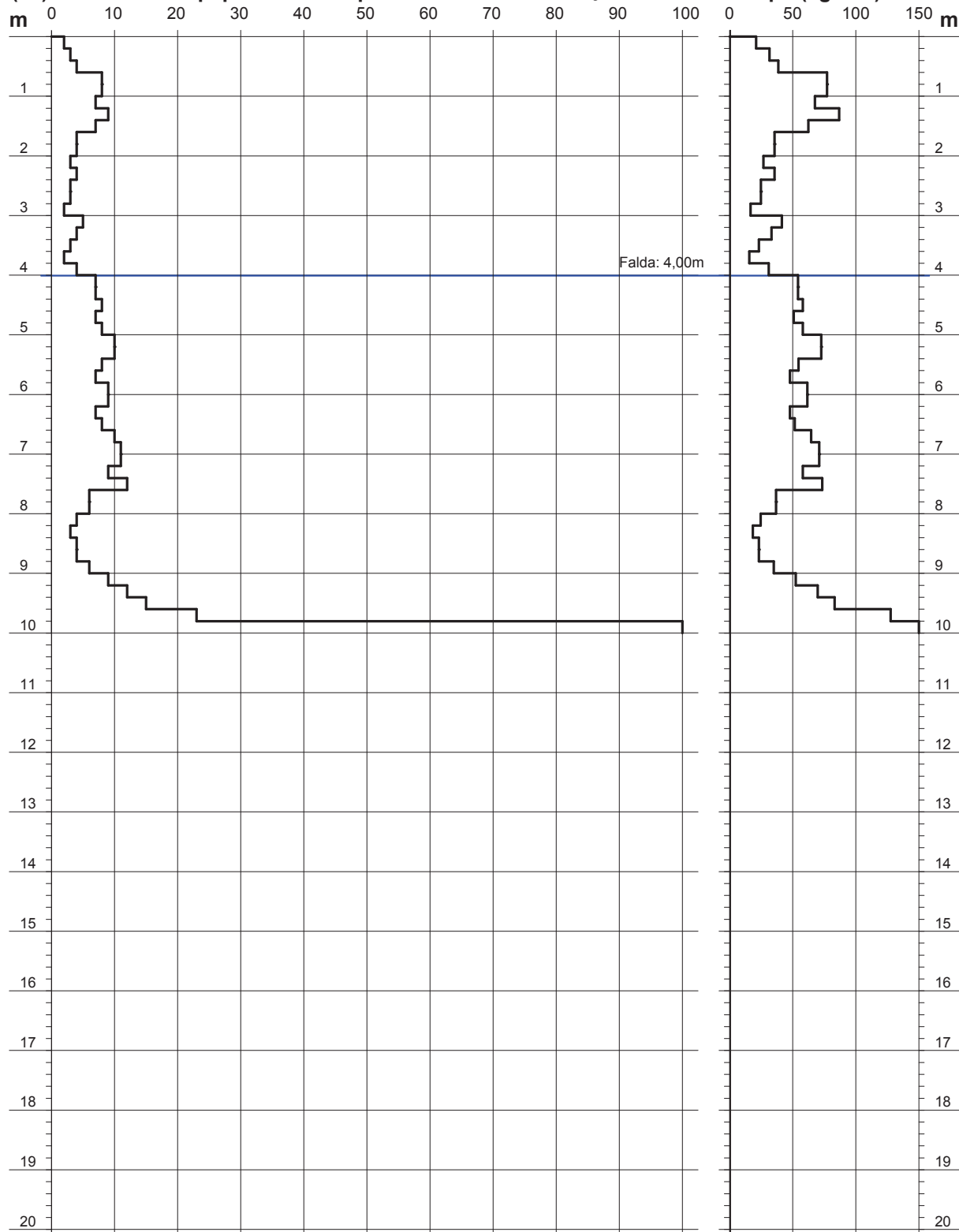
- cantiere : Sig.ra Siria Massei
- lavoro : Piano Attuativo C26
- località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data prova : 19/10/2018
- quota inizio :
- prof. falda : 4,00 m da quota inizio
- data emiss. : 30/10/2018

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN DPSH1

- cantiere : Sig.ra Siria Massei
 - lavoro : Piano Attuativo C26
 - località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data prova : 19/10/2018
 - quota inizio :
 - prof. falda : 4,00 m da quota inizio
 - data emiss. : 30/10/2018

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	3,0	1	5	2,0	----	----	----	3	1,49	4
			Rpd	30,1	11	48	20,3	----	----	----	30		
2	0,60	1,80	N	6,8	6	8	6,4	----	6,1	7,6	7	1,49	10
			Rpd	64,3	54	77	58,9	8,3	56,0	72,7	66		
3	1,80	3,60	N	3,2	1	6	2,1	1,6	1,7	4,8	3	1,49	4
			Rpd	27,4	8	50	17,8	13,6	13,8	41,0	26		
4	3,60	6,00	N	7,2	4	9	5,6	1,4	5,8	8,6	7	1,49	10
			Rpd	52,5	27	65	39,9	10,8	41,7	63,3	51		
5	6,00	7,20	N	5,7	4	7	4,8	1,0	4,6	6,7	6	1,49	9
			Rpd	37,2	27	45	32,2	6,0	31,2	43,1	39		
6	7,20	7,80	N	9,0	8	10	8,5	----	----	----	9	1,49	13
			Rpd	56,1	49	61	52,5	----	----	----	56		
7	7,80	9,00	N	4,5	3	6	3,8	1,0	3,5	5,5	4	1,49	6
			Rpd	26,9	18	37	22,2	6,7	20,3	33,6	24		
8	9,00	9,80	N	11,0	8	13	9,5	----	----	----	11	1,49	16
			Rpd	62,3	47	72	54,4	----	----	----	62		
9	9,80	10,20	N	85,5	21	150	53,3	----	----	----	86	1,49	128
			Rpd	473,9	116	831	295,1	----	----	----	477		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	coltre vegetale	4	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.60	1.80	sabbie argillose	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
3	1.80	3.60	limi argillosi	4	----	----	----	----	----	0.25	1.80	42	1.125
4	3.60	6.00	sabbie argillose	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
5	6.00	7.20	limi sabbiosi/argillosi	9	----	----	----	----	----	0.56	1.89	34	0.918
6	7.20	7.80	sabbie argillose	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
7	7.80	9.00	limi sabbiosi/argillosi	6	----	----	----	----	----	0.38	1.85	37	1.000
8	9.00	9.80	sabbie e ghiaie	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	----	----	----	----
9	9.80	10.20	ghiaie e conglomerati	128	100.0	45.0	1178	2.24	1.99	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrit o efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN DPSH2

- cantiere : Sig.ra Siria Massei
 - lavoro : Piano Attuativo C26
 - località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data prova : 19/10/2018
 - quota inizio :
 - prof. falda : 4,00 m da quota inizio
 - data emiss. : 30/10/2018

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VC A	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	4,7	2	6	3,3	----	----	----	5	1,49	7
			Rpd	47,3	21	63	34,2	----	----	----	50		
2	0,60	1,40	N	7,0	6	8	6,5	----	----	----	7	1,49	10
			Rpd	67,5	58	77	62,7	----	----	----	68		
3	1,40	4,40	N	3,9	2	6	3,0	1,1	2,8	5,0	4	1,49	6
			Rpd	32,8	16	54	24,2	10,0	22,9	42,8	34		
4	4,40	8,00	N	8,3	5	17	6,7	3,4	4,9	11,7	8	1,49	12
			Rpd	55,8	31	116	43,2	22,5	33,4	78,3	54		
5	8,00	8,80	N	5,5	5	6	5,3	----	----	----	6	1,49	9
			Rpd	32,9	29	37	31,0	----	----	----	36		
6	8,80	10,00	N	8,5	7	11	7,8	1,5	7,0	10,0	8	1,49	12
			Rpd	48,2	41	61	44,4	7,9	40,3	56,0	45		
7	10,00	10,80	N	56,5	22	150	39,3	----	----	----	56	1,49	83
			Rpd	302,3	122	794	212,1	----	----	----	300		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH2

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.60	coltre vegetale	7	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.60 1.40	sabbie argillose	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
3	1.40 4.40	limi argillosi	6	----	----	----	----	----	0.38	1.85	37	1.000
4	4.40 8.00	sabbie argillose	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
5	8.00 8.80	limi sabbiosi/argillosi	9	----	----	----	----	----	0.56	1.89	34	0.918
6	8.80 10.00	sabbie e ghiaie	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	----	----	----	----
7	10.00 10.80	ghiaie e conglomerati	83	97.4	44.7	831	2.22	1.96	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN DPSH3

- cantiere : Sig.ra Siria Massei
 - lavoro : Piano Attuativo C26
 - località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data prova : 19/10/2018
 - quota inizio :
 - prof. falda : 4,00 m da quota inizio
 - data emiss. : 30/10/2018

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,60	N	3,0	2	4	2,5	----	----	----	3	1,49	4
		Rpd	30,4	21	39	25,7	----	----	----	30		
2	0,60 1,60	N	7,8	7	9	7,4	----	----	----	8	1,49	12
		Rpd	74,2	62	87	68,3	----	----	----	76		
3	1,60 4,00	N	3,4	2	5	2,7	----	2,5	4,3	3	1,49	4
		Rpd	28,7	16	41	22,1	8,1	20,6	36,7	25		
4	4,00 7,60	N	8,8	7	12	7,9	1,6	7,2	10,4	9	1,49	13
		Rpd	60,2	48	74	54,0	8,8	51,4	69,0	62		
5	7,60 9,00	N	4,7	3	6	3,9	1,3	3,5	6,0	5	1,49	7
		Rpd	28,2	18	37	23,3	7,6	20,6	35,9	30		
6	9,00 9,60	N	12,0	9	15	10,5	----	----	----	12	1,49	18
		Rpd	68,4	52	83	60,4	----	----	----	68		
7	9,60 10,00	N	86,5	23	150	54,8	----	----	----	86	1,49	128
		Rpd	479,4	128	831	303,4	----	----	----	477		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH3

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.60	coltre vegetale	4	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.60 1.60	sabbie argillose	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	1.60 4.00	limi argillosi	4	----	----	----	----	----	0.25	1.80	42	1.125
4	4.00 7.60	sabbie argillose	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
5	7.60 9.00	limi sabbiosi/argillosi	7	----	----	----	----	----	0.44	1.86	36	0.972
6	9.00 9.60	sabbie e ghiaie	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	----	----	----	----
7	9.60 10.00	ghiaie e conglomerati	128	100.0	45.0	1178	2.24	1.99	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

RISULTATI INDAGINE MASW

Piano Attuativo Comparto C26, Località La Cinquantina, Comune di Cecina (Li) - Sig.ra Siria Massei

dispersion curve: number of frequency-velocity points=8
dataset: 5 metri.sgy
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: picking 5 metri.cdp
Number of individuals: 40
Number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 143 1 155 1 170 1 179 1 185 17 220
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 280 3 310 3 335 3 355 3 580 23 660
Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -25.7638	-10.3526
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -22.5479	-10.3526
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -18.8301	-8.96177
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -18.1727	-8.96177
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -17.5215	-8.96177
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -17.916	-8.72191
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -17.2561	-6.35807
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -18.6881	-6.35807
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -16.8323	-6.35807
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -17.755	-6.01805
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -17.8627	-6.01805
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -18.314	-6.01805
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -16.5797	-5.65769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -16.0673	-5.65769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -15.7175	-5.65048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -17.2953	-5.65048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -17.3148	-5.65048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -17.2972	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -16.0017	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -15.506	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -16.2692	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -16.6438	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -16.5668	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -17.1799	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -17.2634	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -18.095	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -16.9869	-3.18654
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -15.0343	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -16.9521	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -16.5153	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -16.4588	-2.86782

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -22.7789	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -20.0869	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -20.8029	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -21.167	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -19.6918	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -17.7117	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -18.5433	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -21.2188	-2.86782
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -18.8912	-2.86782

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 177 297 201 246 327 649
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
Thickness (m): 1.4 2.3 2.1 1.1 20

Number of models considered to calculate the average model: 3

 RESULTS winMASW Pro
 #####

MEAN MODEL

VS (m/s): 180 298 213 247 327 649
 Standard deviations (m/s): 7 2 25 29 0 0
 Thickness (m): 1.6 2.3 2.1 1.1 19.8
 Standard deviations (m): 0.3+0.0i 0.0+0.0i 0.0+0.0i 0.0+0.0i 0.0+0.0i
 Approximate values for Vp, density & elastic moduli
 Vp (m/s): 375 620 443 514 681 1351
 Density (gr/cm3): 1.82 1.94 1.86 1.89 1.96 2.13
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
 Young modulus (MPa): 159 465 227 312 566 2419
 Shear modulus (MPa): 59 172 84 115 210 896
 Lamè (MPa): 138 401 196 269 490 2090
 Bulk modulus (MPa): 177 516 252 346 630 2688

Fundamental mode - Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.5579	470.1242
5.86489	355.4875
8.62408	287.1776
13.5616	250.6008
21.9844	228.8667
32.8759	227.3671
48.5597	209.6352
66.5671	181.6714

BEST MODEL

Vs (m/s): 176.8339 296.9234 201.2005 246.3435 326.8753 649.1656
 Thickness (m): 1.43634 2.34712 2.07961 1.05221 19.7765
 Approximate values for Vp, density & elastic moduli
 Vp (m/s): 368 618 419 513 680 1351
 Density (gr/cm3): 1.81 1.94 1.84 1.89 1.96 2.13
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.09 2.08 2.08
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
 Young modulus (MPa): 153 461 201 309 566 2419
 Shear modulus (MPa): 57 171 74 115 210 896
 Lamè (MPa): 132 398 175 269 487 2090
 Bulk modulus (MPa): 170 512 224 345 627 2688

Fundamental mode - Best model

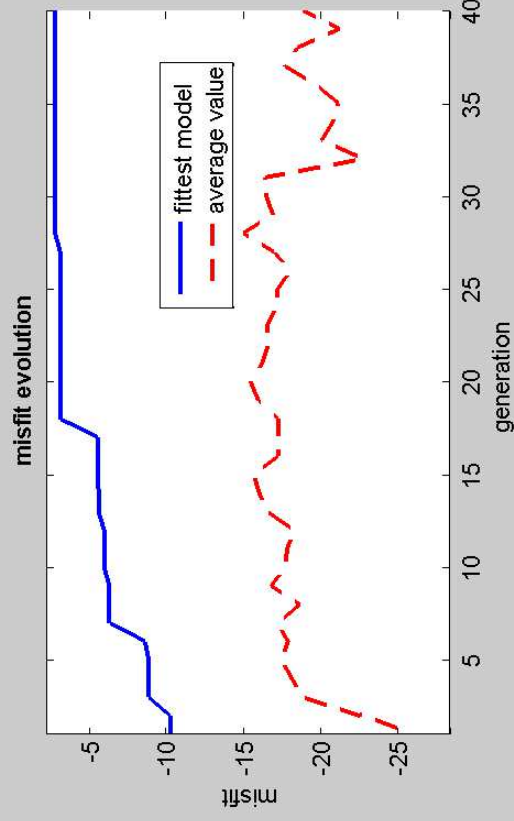
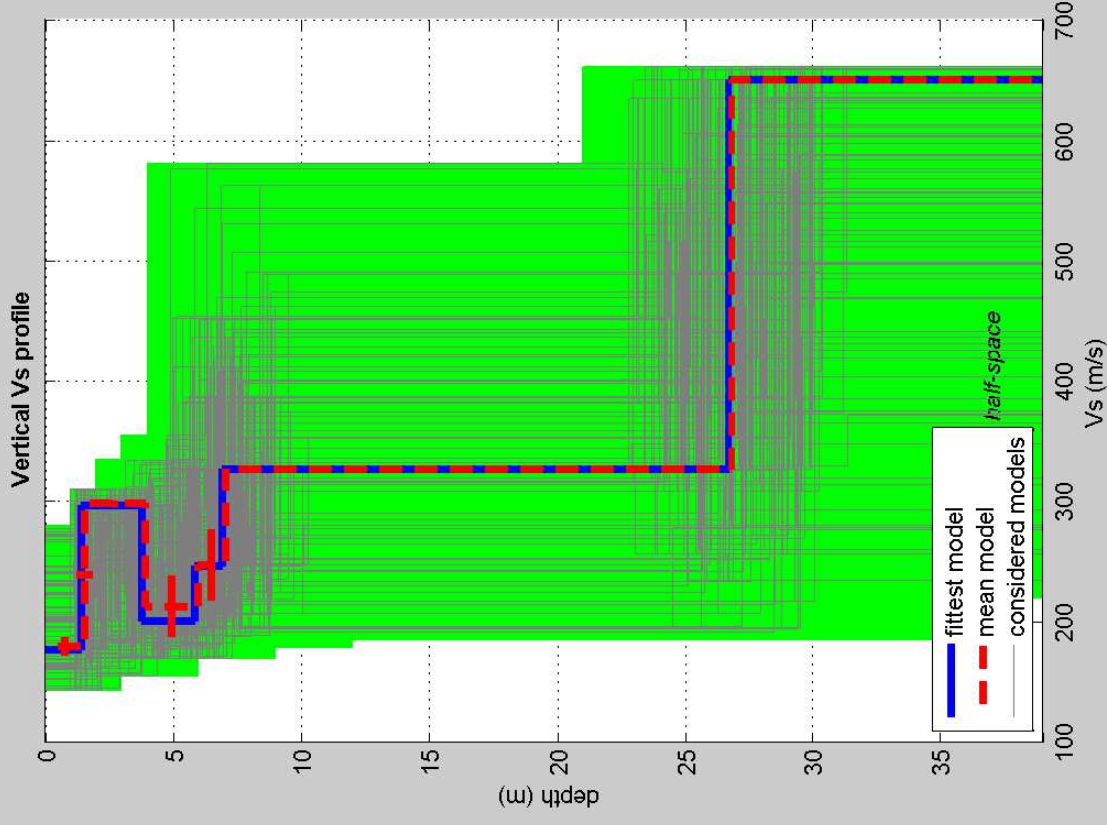
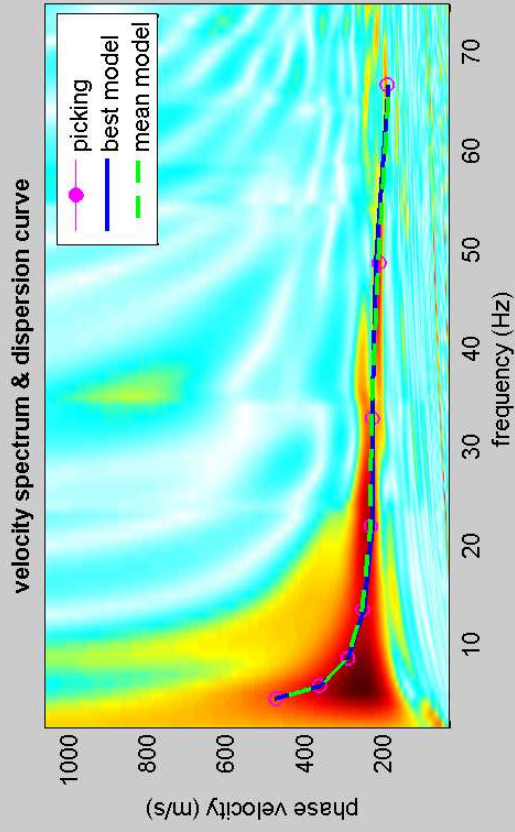
f(Hz)	VR(m/s)
4.5579	471.6789
5.86489	356.6416
8.62408	286.0751
13.5616	245.9849
21.9844	224.0053
32.8759	224.9334
48.5597	215.3738
66.5671	183.356

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 41 m
 Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 231 m/s	VS5 (best model): 227 m/s
VS20 (mean model): 285 m/s	VS20 (best model): 283 m/s
VS30 (mean model): 312 m/s	VS30 (best model): 312 m/s

Possible Soil Type: C

(based on the mean model)



dataset: 5 metri.sgy

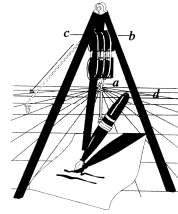
dispersion curve: picking 5 metri.cdp

VS30 (best model): 312 m/s

VS30 (mean model): 312 m/s



Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47



*INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO
AL PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
SCHEDA NORMATIVA C26 del R.U.
IN LOCALITA' LA CINQUANTINA*

COMUNE DI CECINA

Indagini Scheda C2 - Sig. Giannetta

Penetrometrie dinamiche 2017

Indagine sismica di tipo MASW

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH1

Scala 1: 50

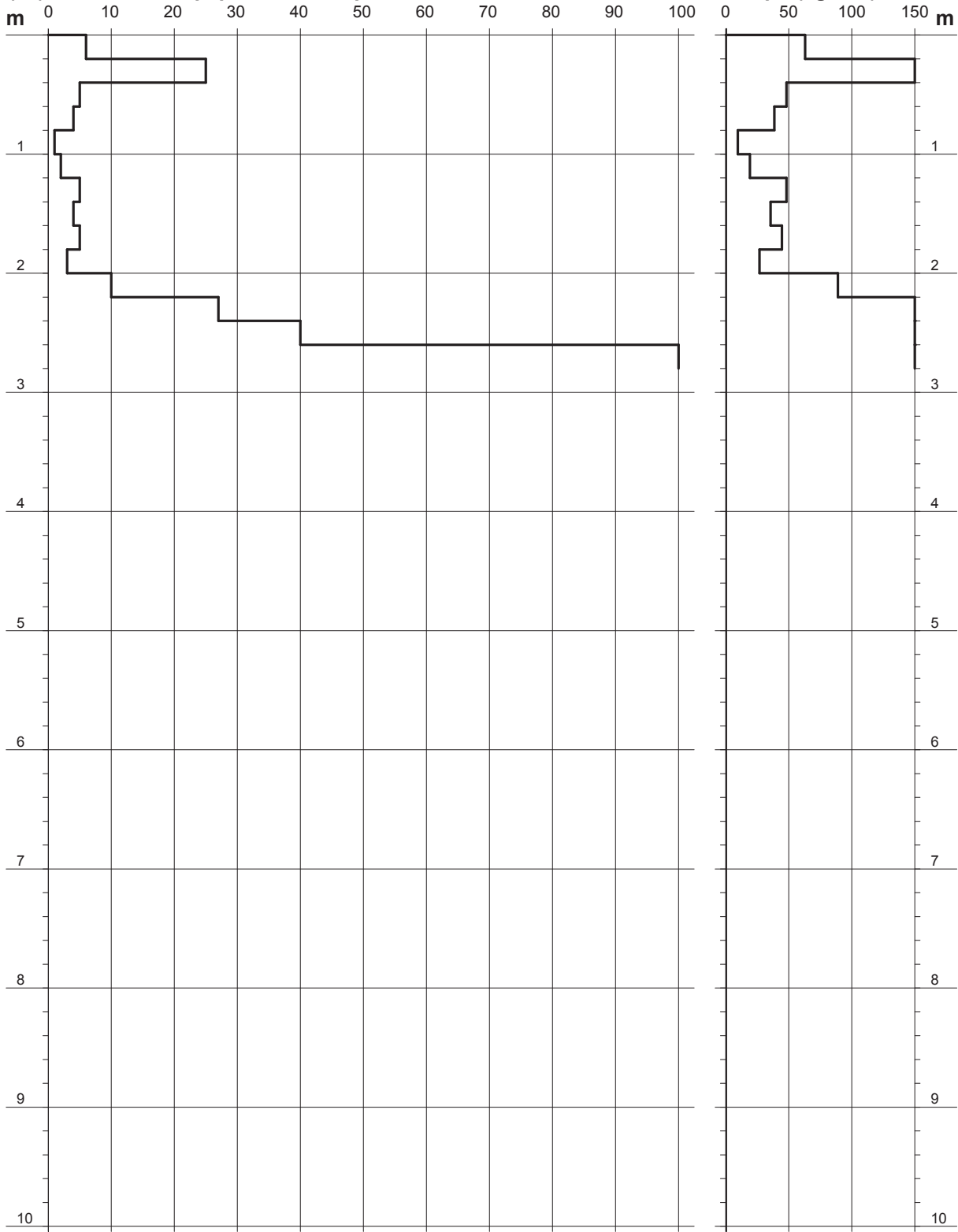
- cantiere : Sig. Franco Giannetti
- lavoro : Costruzione edificio ad uso abitativo, lotto 3 Com
- località : Via Guerrazzi, Comune di Cecina

- data prova : 23/05/2017
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/05/2017

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH2

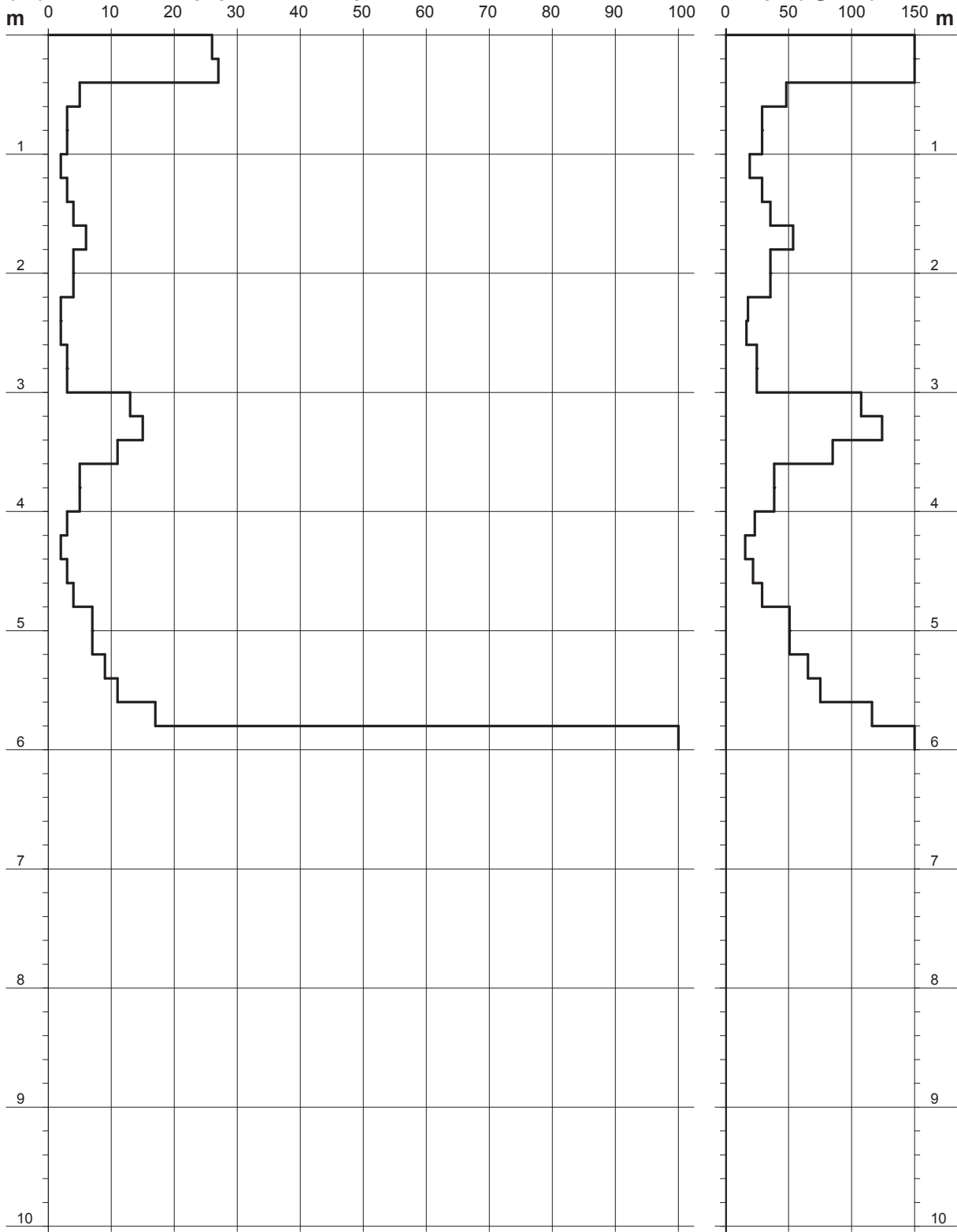
Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Franco Giannetti
- lavoro : Costruzione edificio ad uso abitativo, lotto 3 Com
- località : Via Guerrazzi, Comune di Cecina

- data prova : 23/05/2017
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/05/2017

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH3

Scala 1: 50

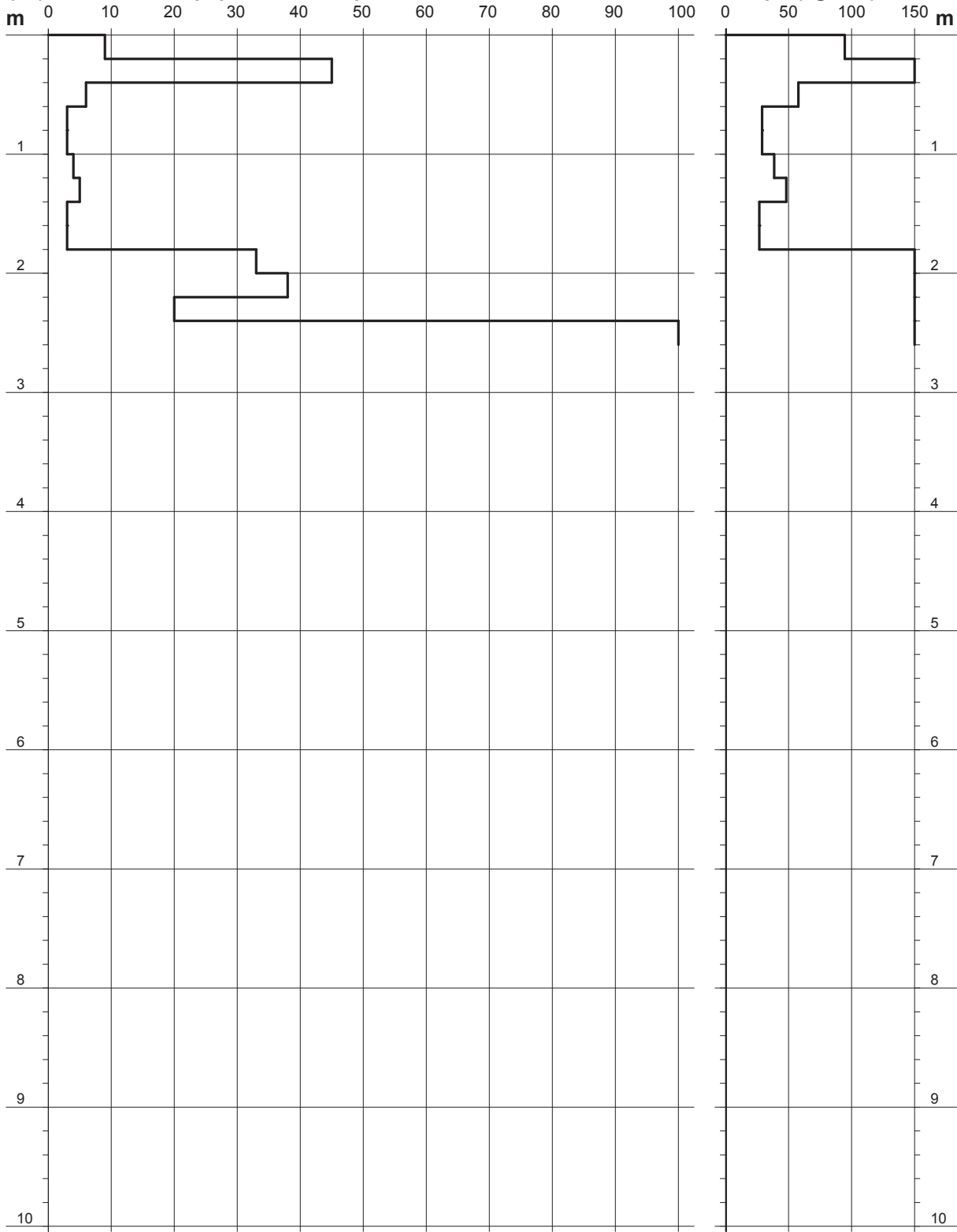
- cantiere : Sig. Franco Giannetti
- lavoro : Costruzione edificio ad uso abitativo, lotto 3 Com
- località : Via Guerrazzi, Comune di Cecina

- data prova : 23/05/2017
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/05/2017

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

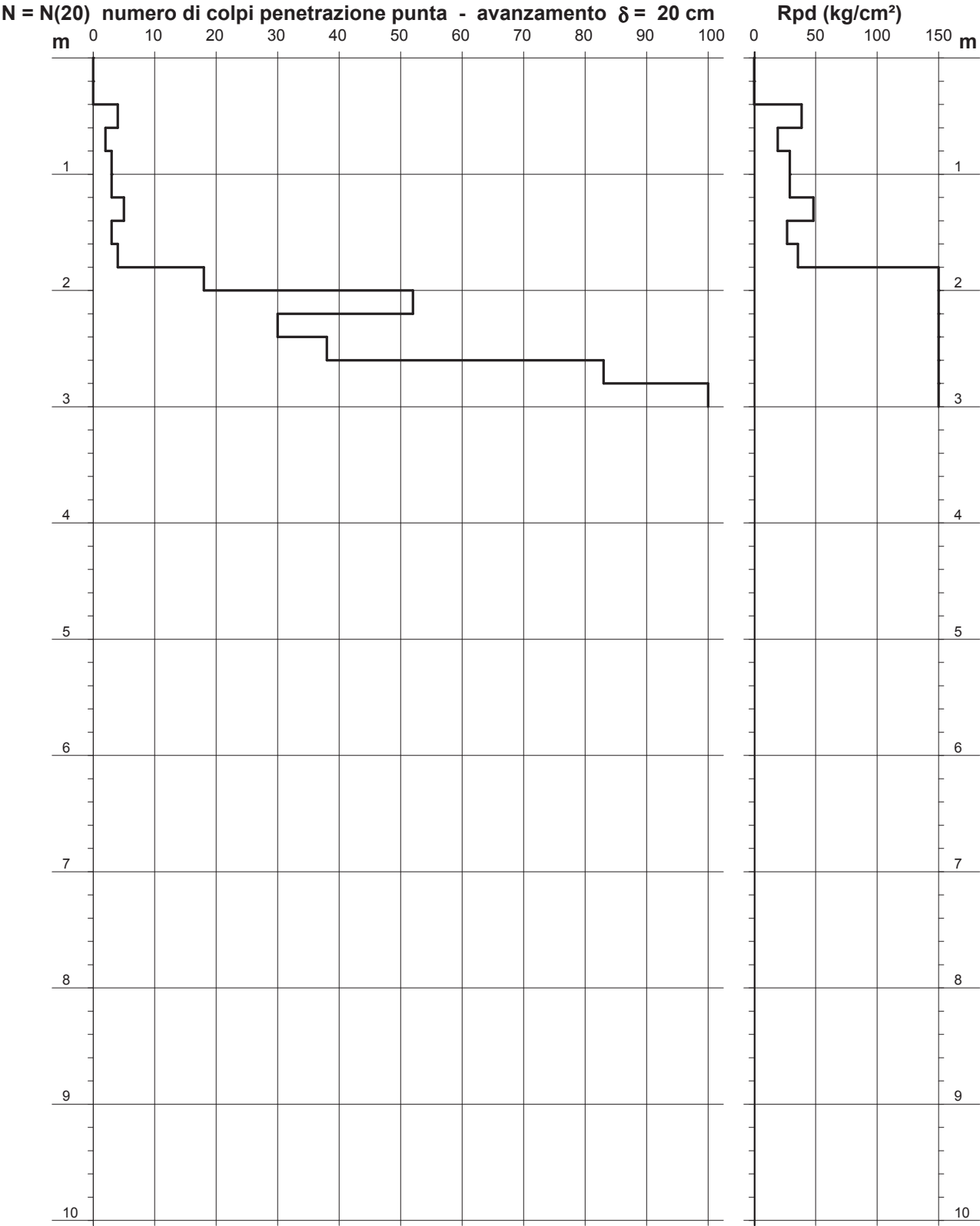
DIN DPSH4

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Franco Giannetti
- lavoro : Costruzione edificio ad uso abitativo, lotto 3 Com
- località : Via Guerrazzi, Comune di Cecina

- data prova : 23/05/2017
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/05/2017

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

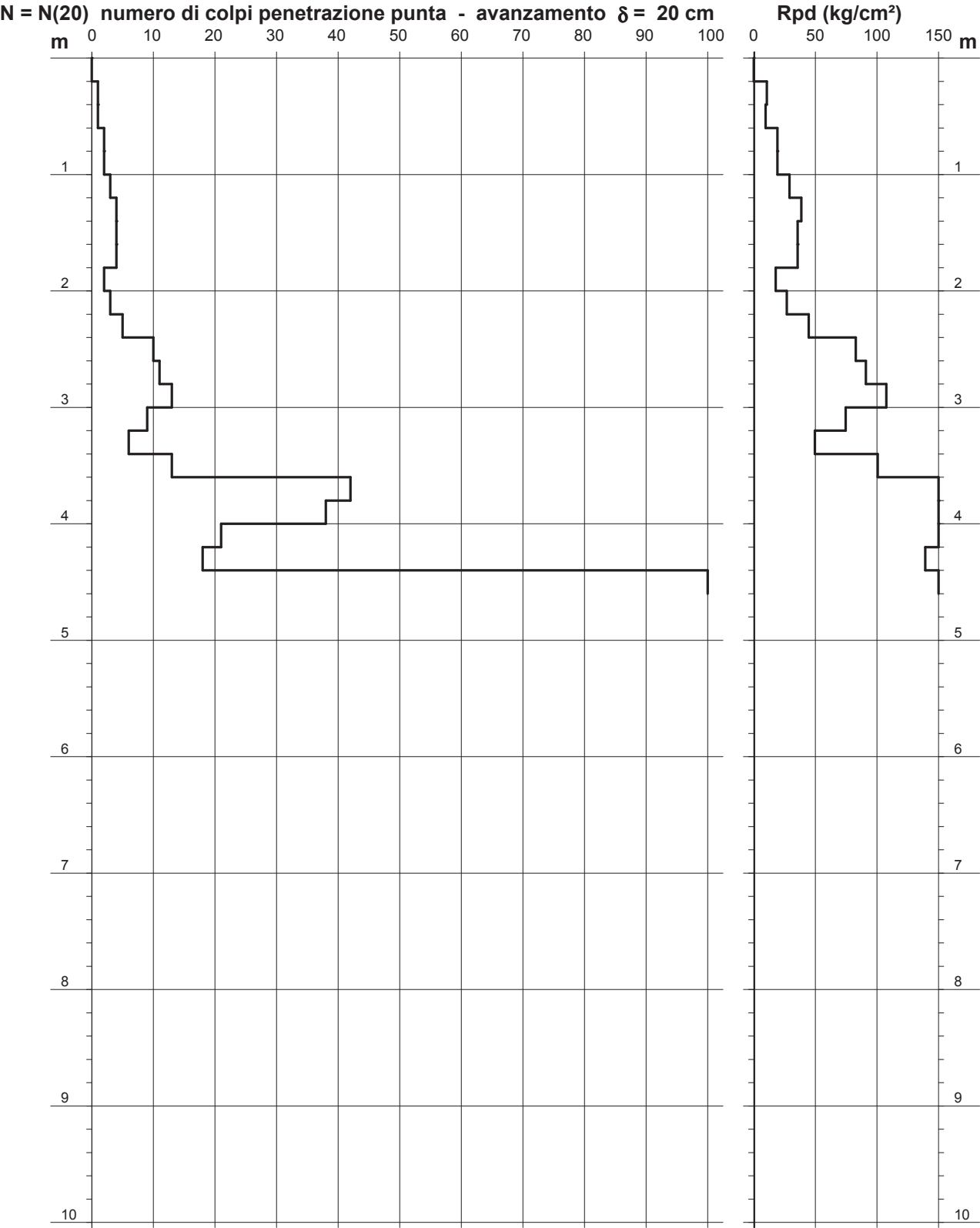
DIN DPSH5

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Franco Giannetti
- lavoro : Costruzione edificio ad uso abitativo, lotto 3 Com
- località : Via Guerrazzi, Comune di Cecina

- data prova : 23/05/2017
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/05/2017

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

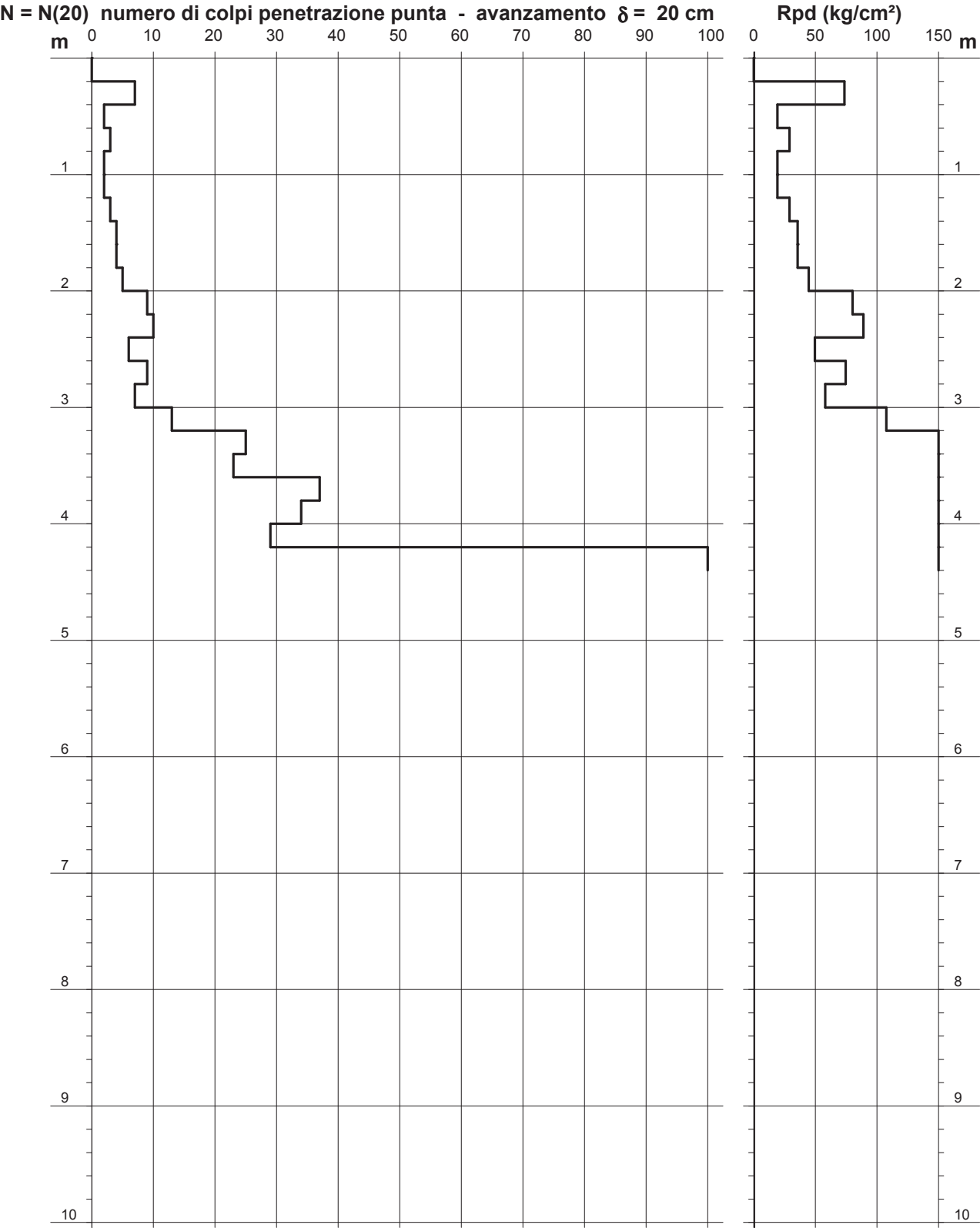
DIN DPSH6

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Franco Giannetti
- lavoro : Costruzione edificio ad uso abitativo, lotto 3 Com
- località : Via Guerrazzi, Comune di Cecina

- data prova : 23/05/2017
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/05/2017

- note :



RISULTATI INDAGINE MASW

Comparto C2 Via Guerrazzi - Comune di Cecina - Sig. Giannetti

dispersion curve: number of frequency-velocity points=11
 dataset: 5 metri.sgy
 minimum offset (m): 5
 geophone spacing (m): 2
 sampling (ms): 0.131
 dispersion curve: picking 5 metri.cdp
 number of individuals: 30
 number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 150 1 150 1 200 3 320 15 540
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 220 3 300 3 400 7 650 25 800
 Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-47.0182	-27.1083
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-41.2167	-23.1585
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-31.3288	-12.7293
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-24.4698	-12.7293
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-25.722	-11.9104
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-21.5181	-5.37217
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-18.3699	-4.74405
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-18.5804	-4.54604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-17.6155	-4.54604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-17.1604	-4.54604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-18.3236	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-18.9491	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-17.9428	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-18.385	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-19.2485	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-17.2172	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-17.8667	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-16.0015	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-17.3099	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-15.3544	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-16.9701	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-17.0425	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-16.0755	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-15.9206	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-16.4775	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-16.2567	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-16.1216	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-15.2384	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-18.2068	-4.24605
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-15.1153	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-15.3399	-3.60159

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-18.6438	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-18.6984	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-19.2917	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-16.4874	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-16.1137	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-17.8901	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-18.7768	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-15.6878	-3.60159
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-14.0487	-3.60159

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 192 268 362 490 800

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Thickness (m): 2.4 3 4.3 18

Number of models considered to calculate the average model: 6

RESULTS winMASW Pro
#####

MEAN MODEL

VS (m/s): 192 265 362 488 797
Standard deviations (m/s): 2 4 1 5 8
Thickness (m): 2.4 3.0 4.3 18.7
Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.2 0.7
Approximate values for Vp, density & elastic moduli
Vp (m/s): 400 552 754 1016 1659
Density (gr/cm3): 1.83 1.91 1.99 2.06 2.18
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
Young modulus (MPa): 182 362 703 1323 3734
Shear modulus (MPa): 68 134 260 490 1383
Lamé (MPa): 158 314 608 1144 3226
Bulk modulus (MPa): 203 403 782 1471 4148

Fundamental mode - Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.84835	632.9562
5.71967	598.7776
7.02665	523.5012
10.0763	409.9248
15.7399	325.0863
24.0175	244.1949
31.1333	215.6191
40.4274	196.8296
48.8502	188.6026
58.2895	184.12
67.0028	182.0637

BEST MODEL

Vs (m/s): 192.3124 267.5761 362.1536 490.0957 800
thickness (m): 2.36772 3 4.28203 18.4881
Approximate values for Vp, density & elastic moduli
Vp (m/s): 400 557 754 1020 1665
Density (gr/cm3): 1.83 1.91 1.99 2.06 2.18
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
Young modulus (MPa): 182 371 703 1335 3763
Shear modulus (MPa): 68 137 260 494 1394
Lamé (MPa): 158 319 608 1153 3250
Bulk modulus (MPa): 203 410 782 1483 4179

Fundamental mode - Best model

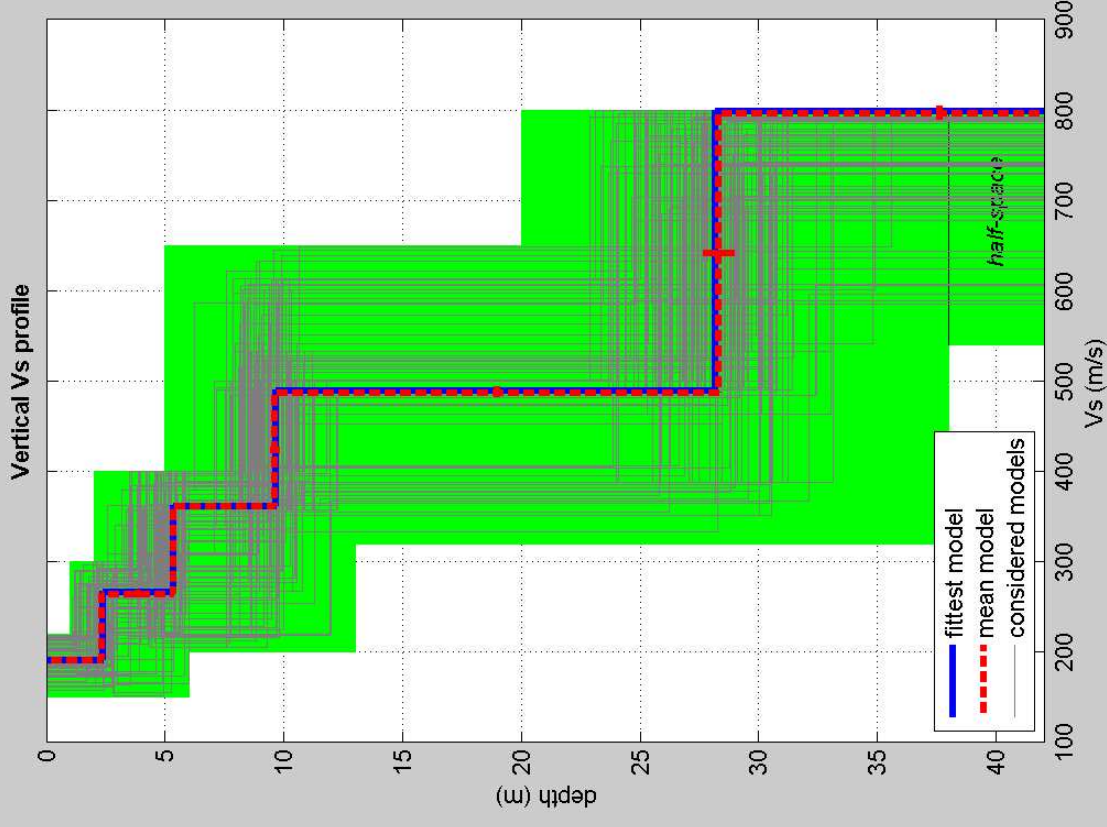
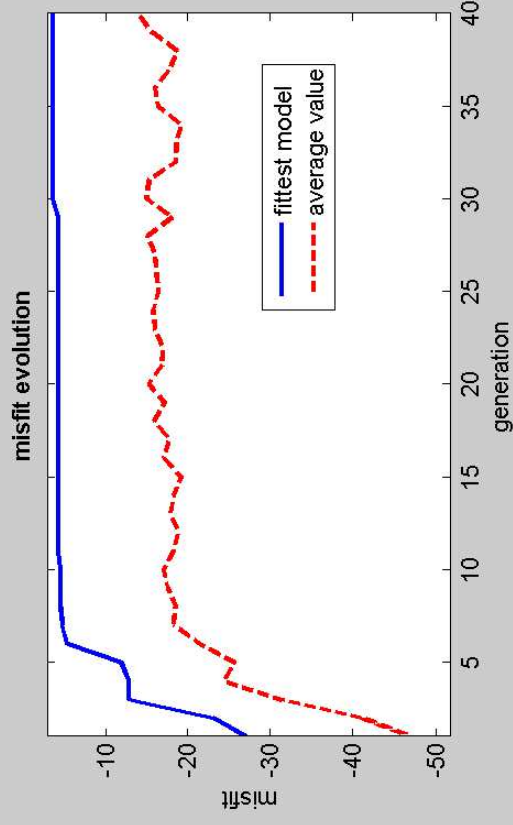
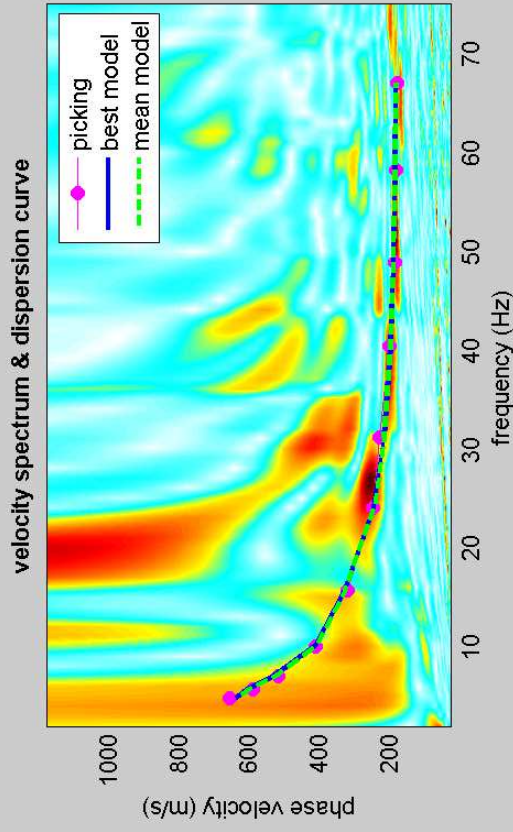
F(Hz)	VR(m/s)
4.84835	636.4456
5.71967	603.1075
7.02665	529.1179
10.0763	412.5079
15.7399	326.4295
24.0175	245.9075
31.1333	216.7153
40.4274	197.355
48.8502	188.9567
58.2895	184.4214
67.0028	182.3529

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 54 m
Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 225 m/s	VS5 (best model): 226 m/s
VS20 (mean model): 353 m/s	VS20 (best model): 354 m/s
VS30 (mean model): 396 m/s	VS30 (best model): 398 m/s

Possible Soil Type: B (based on the mean model)

winMASW 4.1.1 Pro
Surface Wave Analysis
via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves
www.eliosoft.it



dataset: 5 metri.sgy

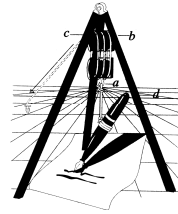
dispersion curve: picking 5 metri.cdp

VS30 (best model): 398 m/s

VS30 (mean model): 396 m/s



Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47



*INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO
AL PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
SCHEDA NORMATIVA C26 del R.U.
IN LOCALITA' LA CINQUANTINA*

COMUNE DI CECINA

*Penetrometrie dinamiche Podere S. Francesco
Sig. Monducci (2003)*

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

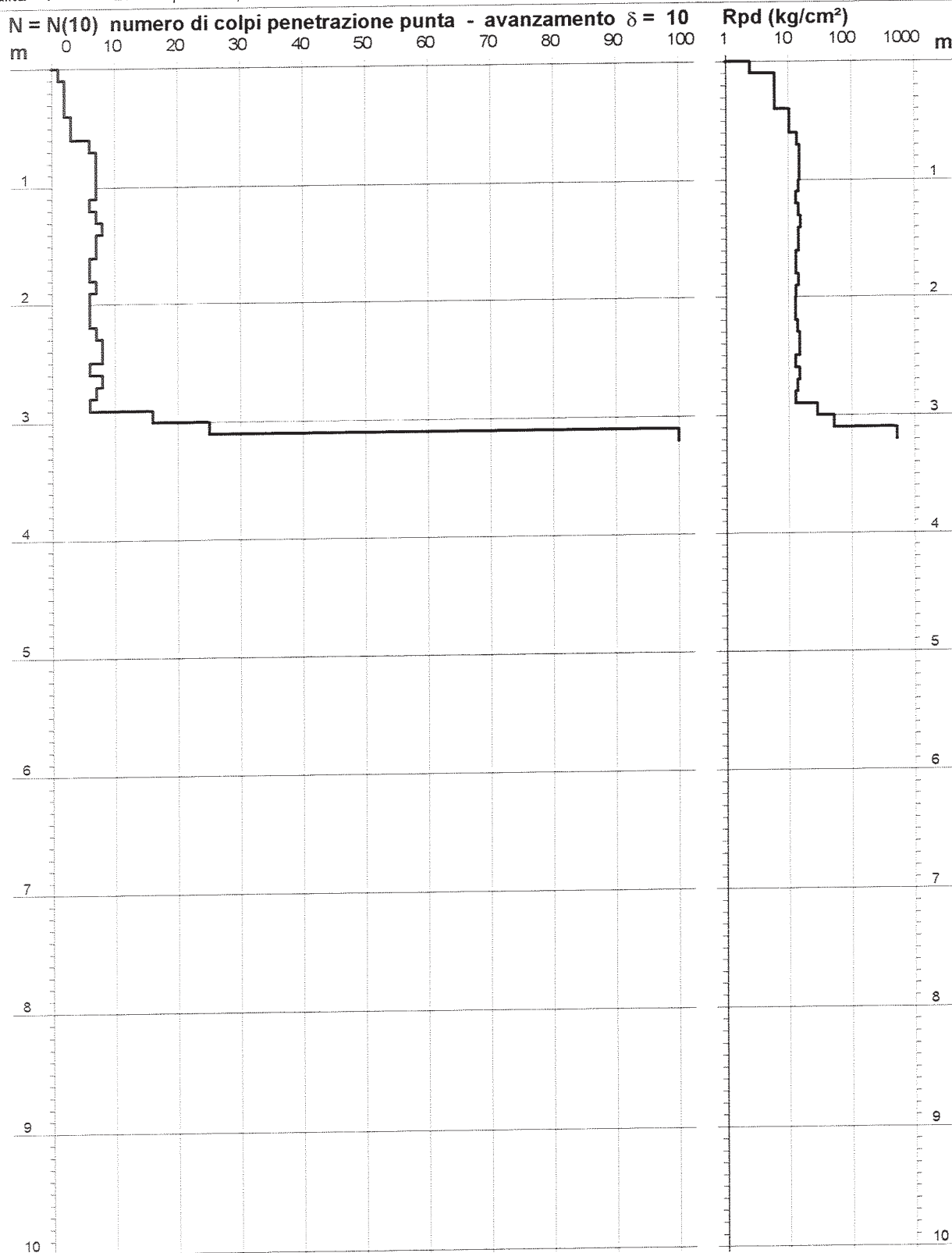
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° PD1

Scala 1: 50

- indagine : Ristrutturazione edilizia
 - cantiere : Podere San Francesco Sig. MONDUCCI
 - località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data : 31/10/2003
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 30-20 4x4**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(10) [$\delta = 10$ cm]

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

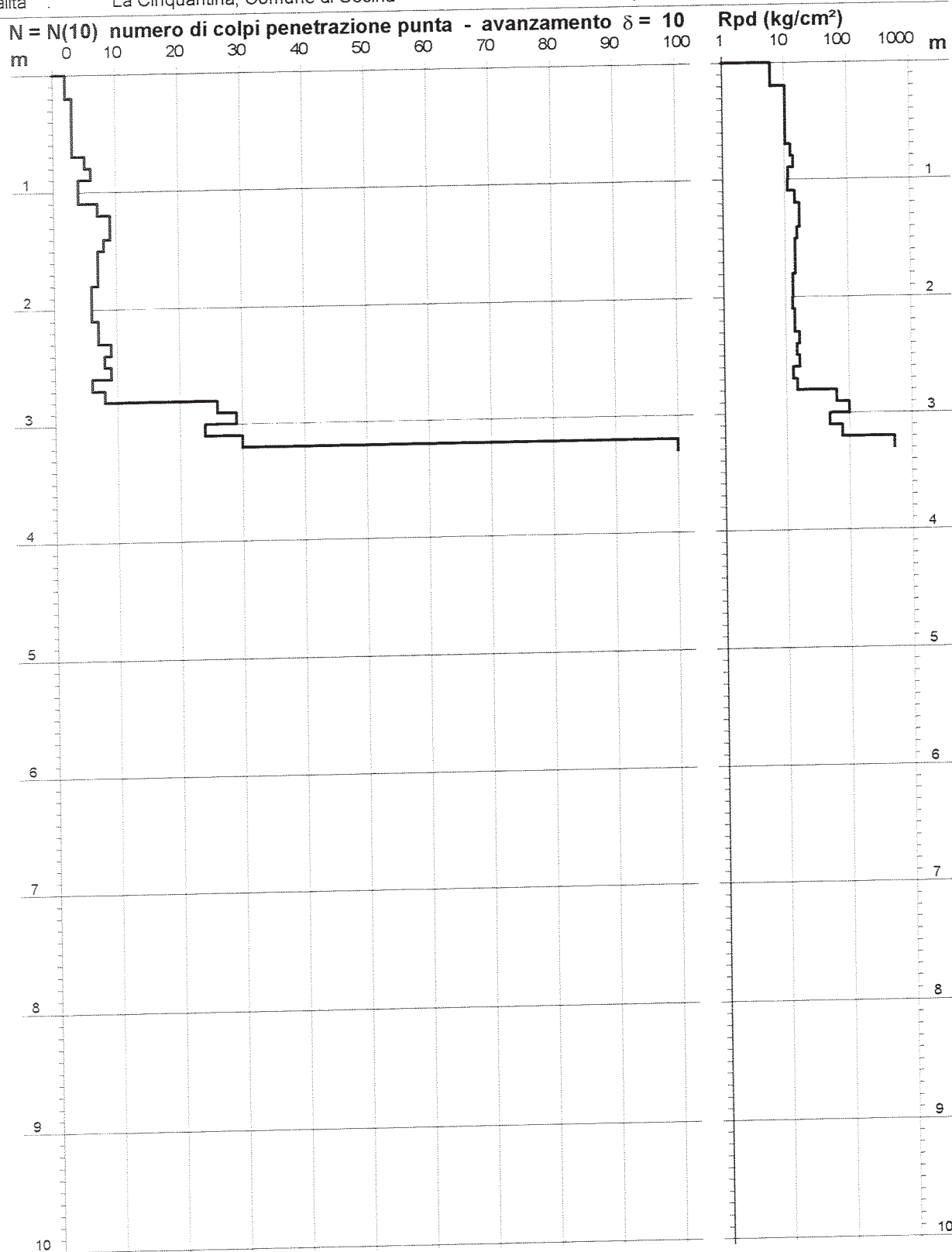
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° PD2

Scala 1: 50

- indagine : Ristrutturazione edilizia
- cantiere : Podere San Francesco Sig. MONDUCCI
- località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data : 31/10/2003
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : TG 30-20 4x4
- M (massa battente)= 30,00 kg - H (altezza caduta)= 0,20 m - A (area punta)= 10,00 cm² - D(diam. punta)= 35,70 mm
- Numero Colpi Punta N = N(10) [$\delta = 10$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

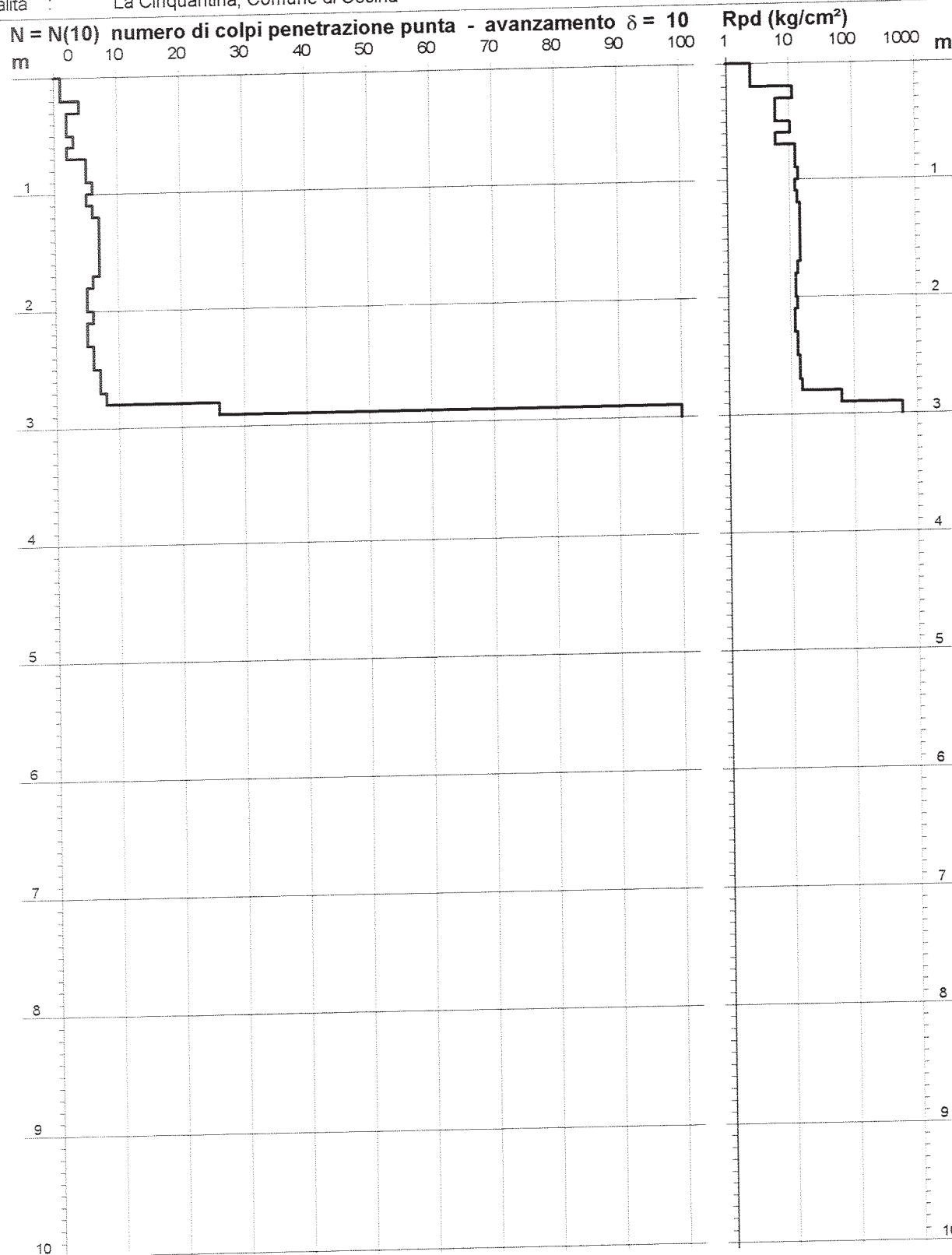
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° PD3

Scala 1: 50

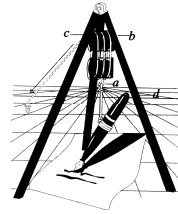
- indagine : Ristrutturazione edilizia
- cantiere : Podere San Francesco Sig. MONDUCCI
- località : La Cinquantina, Comune di Cecina

- data : 31/10/2003
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 30-20 4x4**
 - M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(10) [$\delta = 10$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47



*INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO
AL PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
SCHEDA NORMATIVA C26 del R.U.
IN LOCALITA' LA CINQUANTINA*

COMUNE DI CECINA

Indagini Cantiere Sig. Navetta

Penetrometrie dinamiche

Penetrometria statica

Parametri geotecnici relativi

Indagine sismica di tipo MASW

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH1

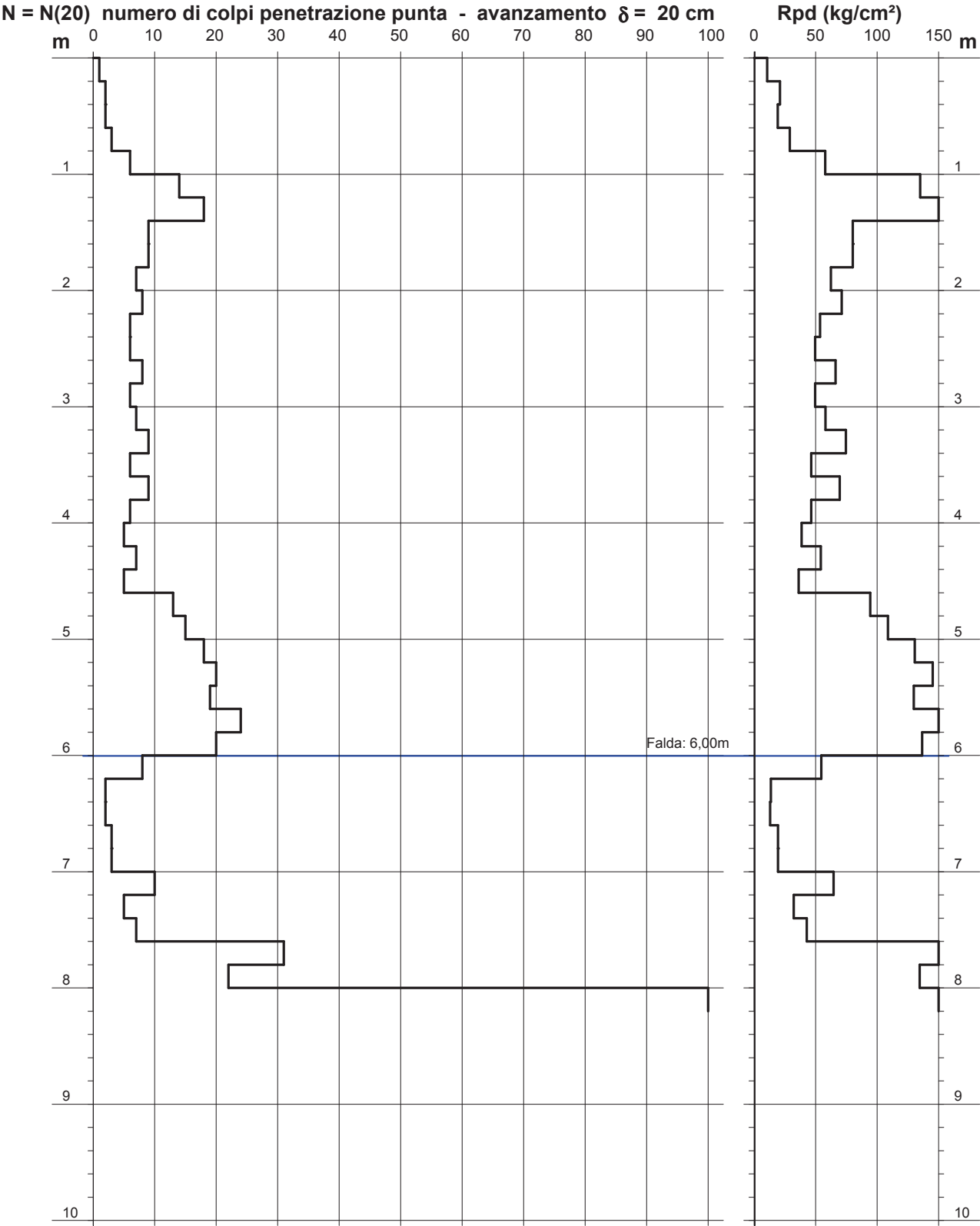
Scala 1: 50

- cantiere :
- lavoro :
- località :

Sig. Francesco Navetta
Realizzazione di edificio per civile abitazione
Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)
- data prova :
- quota inizio :
- prof. falda :
- data emiss. :

26/09/2017
p.c
6,00 m da quota inizio
28/09/2017

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH2

Scala 1: 50

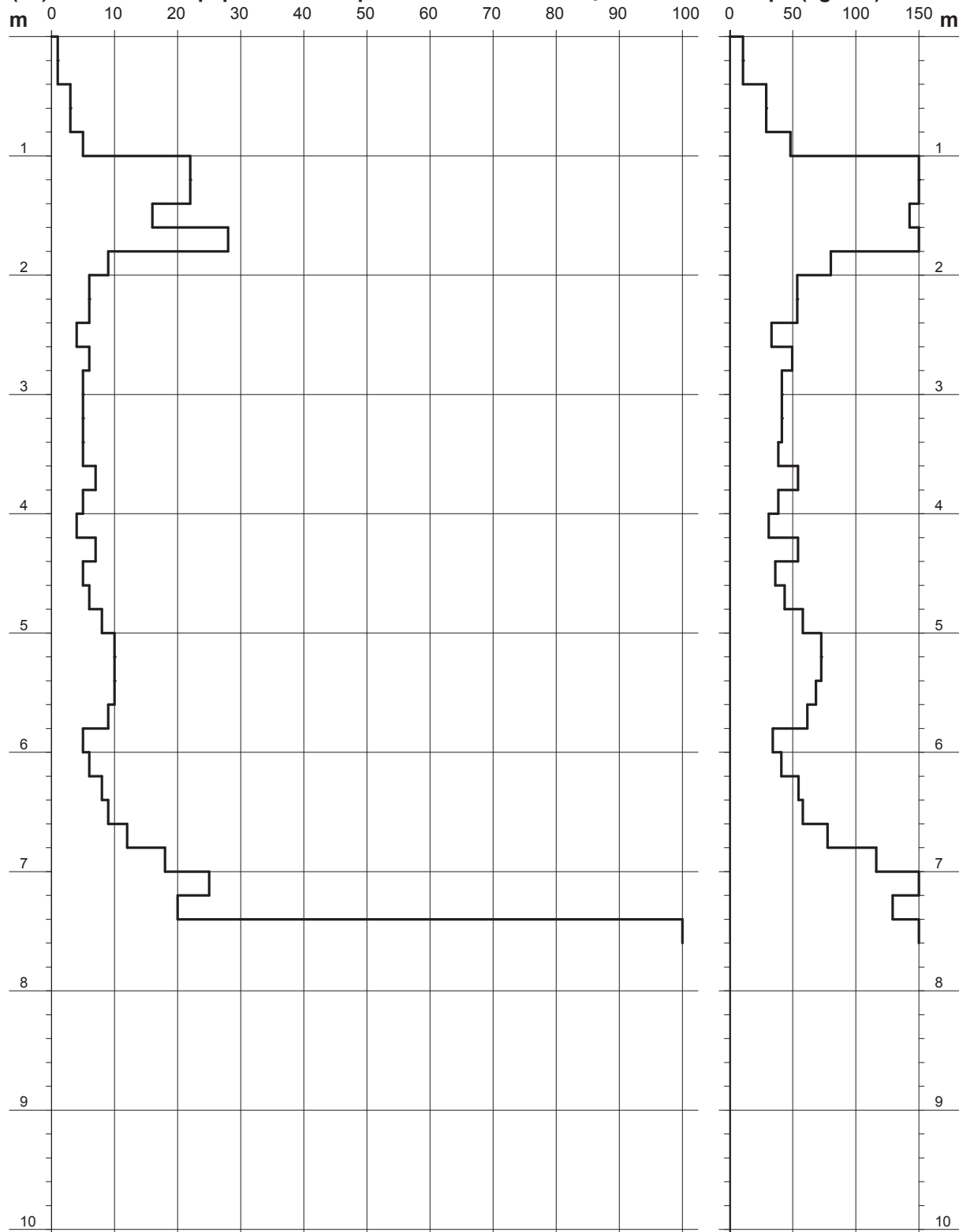
- cantiere : Sig. Francesco Navetta
- lavoro : Realizzazione di edificio per civile abitazione
- località : Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)

- data prova : 26/09/2017
- quota inizio : p.c
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 28/09/2017

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN DPSH1

- cantiere : Sig. Francesco Navetta
 - lavoro : Realizzazione di edificio per civile abitazione
 - località : Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)
 - data prova : 26/09/2017
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : 6,00 m da quota inizio
 - data emiss. : 28/09/2017

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	1,7	1	2	1,3	----	----	----	2	1,49	3
			Rpd	16,9	11	21	13,7	----	----	----			
2	0,60	1,00	N	4,5	3	6	3,8	----	----	----	4	1,49	6
			Rpd	43,4	29	58	36,2	----	----	----			
3	1,00	3,80	N	8,7	6	18	7,4	3,4	5,3	12,1	9	1,49	13
			Rpd	76,4	46	174	61,4	35,6	40,8	112,0			
4	3,80	4,60	N	5,8	5	7	5,4	----	----	----	6	1,49	9
			Rpd	43,9	36	54	40,1	----	----	----			
5	4,60	5,00	N	14,0	13	15	13,5	----	----	----	14	1,49	21
			Rpd	101,6	94	109	98,0	----	----	----			
6	5,00	6,00	N	20,2	18	24	19,1	----	----	----	20	1,49	30
			Rpd	141,3	130	164	135,6	----	----	----			
7	6,00	7,00	N	3,6	2	8	2,8	----	----	----	4	1,49	6
			Rpd	24,0	13	55	18,5	----	----	----			
8	7,00	7,60	N	7,3	5	10	6,2	----	----	----	7	1,49	10
			Rpd	46,6	32	65	39,4	----	----	----			
9	7,60	8,20	N	51,0	22	100	36,5	----	----	----	51	1,49	76
			Rpd	312,2	135	612	223,4	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	coltre	3	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.60	1.00	sabbie limose sciolte	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	----	----	----	----
3	1.00	3.80	sabbie limose med. addensate	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	----	----	----	----
4	3.80	4.60	sabbie limose sciolte	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	----	----	----	----
5	4.60	5.00	sabbie limose med. addensate	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	----	----	----	----
6	5.00	6.00	sabbie limose addensate	30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	----	----	----	----
7	6.00	7.00	sabbie limose sciolte	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	----	----	----	----
8	7.00	7.60	sabbie limose med. addensate	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	----	----	----	----
9	7.60	8.20	sabbie cementate	76	94.8	44.3	777	2.21	1.94	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrit o efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN DPSH2

- cantiere : Sig. Francesco Navetta
 - lavoro : Realizzazione di edificio per civile abitazione
 - località : Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)

- data prova : 26/09/2017
 - quota inizio : p.c
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 28/09/2017

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,40	N	1,0	1	1	1,0	----	----	----	1	1,49	1
			Rpd	10,5	11	11	10,5	----	----	----	11		
2	0,40	1,00	N	3,7	3	5	3,3	----	----	----	4	1,49	6
			Rpd	35,4	29	48	32,1	----	----	----	38		
3	1,00	1,80	N	22,0	16	28	19,0	----	----	----	22	1,49	33
			Rpd	204,1	143	250	173,3	----	----	----	204		
4	1,80	4,80	N	5,7	4	9	4,8	1,3	4,4	7,0	6	1,49	9
			Rpd	46,0	31	80	38,5	12,2	33,8	58,3	48		
5	4,80	7,00	N	9,5	5	18	7,3	3,4	6,1	13,0	10	1,49	15
			Rpd	65,0	34	116	49,6	21,6	43,4	86,5	68		
6	7,00	7,60	N	48,3	20	100	34,2	----	----	----	48	1,49	71
			Rpd	300,9	129	612	215,0	----	----	----	299		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20 \text{ cm}$) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30 \text{ cm}$)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH2

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40	coltre	1	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.40	1.00	sabbie limose sciolte	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	----	----	----	----
3	1.00	1.80	sabbie limose addensate	33	68.0	36.8	446	2.07	1.71	----	----	----	----
4	1.80	4.80	sabbie limose sciolte	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	----	----	----	----
5	4.80	7.00	sabbie limose med. addensate	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	----	----	----	----
6	7.00	7.60	sabbie cementate	71	92.9	44.1	739	2.19	1.92	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30 \text{ cm}$)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrit o efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-035

- committente :	Sig. Francesco Navetta	- data :	26/09/2017
- lavoro :	Realizzazione edificio per civile abitazione	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)	- falda :	Falda non rilevata
- assist. cantiere :		- data emiss. :	30/09/2017

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	9,0	12,0	9,0	0,60	15,0	1,60	68,0	86,0	68,0	6,33	11,0
0,40	18,0	27,0	18,0	1,80	10,0	1,80	61,0	156,0	61,0	2,87	21,0
0,60	19,0	46,0	19,0	6,67	3,0	2,00	67,0	110,0	67,0	2,60	26,0
0,80	52,0	152,0	52,0	0,87	60,0	2,20	59,0	98,0	59,0	4,33	14,0
1,00	106,0	119,0	106,0	4,20	25,0	2,40	35,0	100,0	35,0	28,07	1,0
1,20	40,0	103,0	40,0	4,80	8,0	2,60	59,0	480,0	59,0	-----	-----
1,40	81,0	153,0	81,0	1,20	67,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 10 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

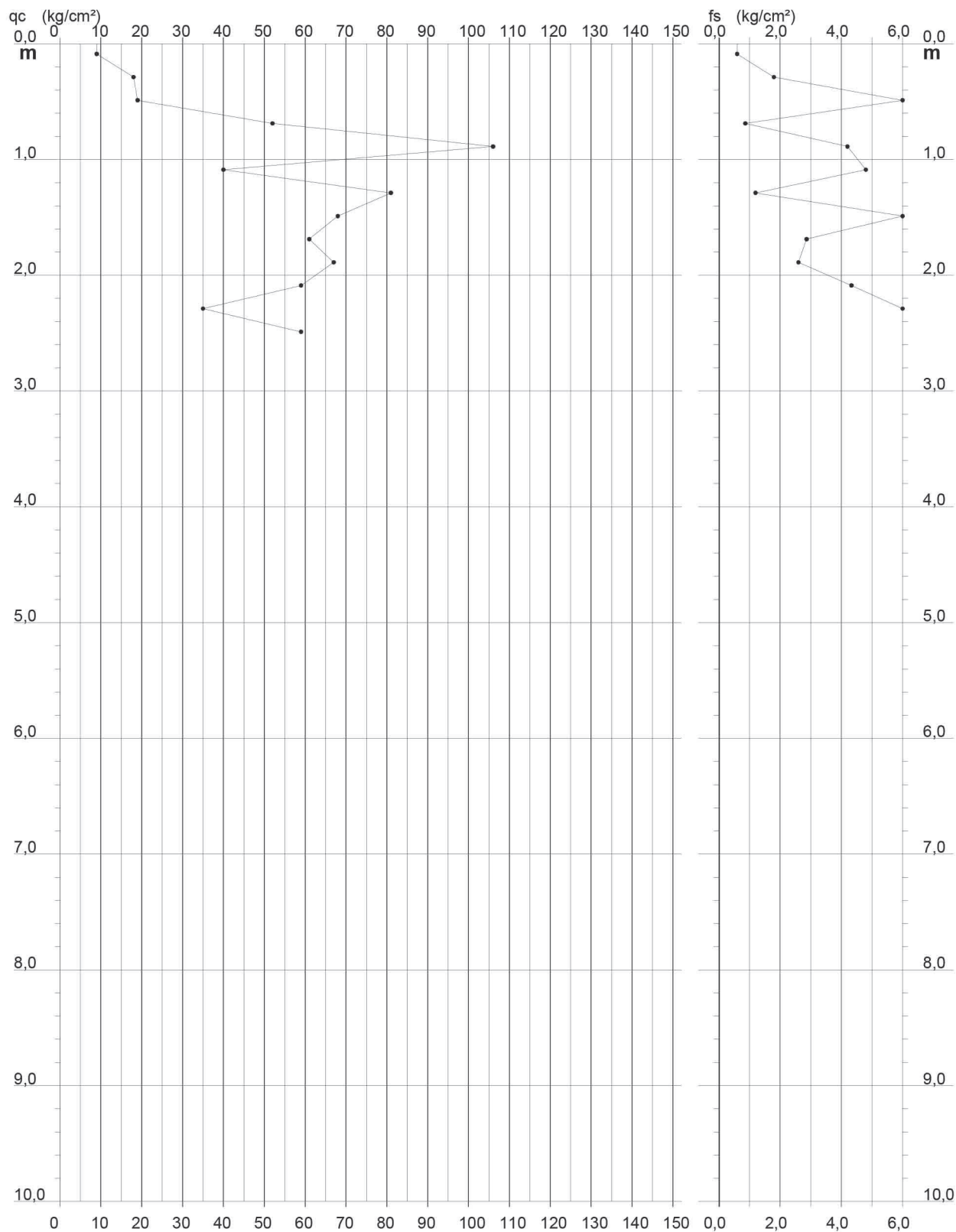
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-035

- committente : Sig. Francesco Navetta
 - lavoro : Realizzazione edificio per civile abitazione
 - località : Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)
 - assist. cantiere :

- data : 26/09/2017
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 30/09/2017



PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

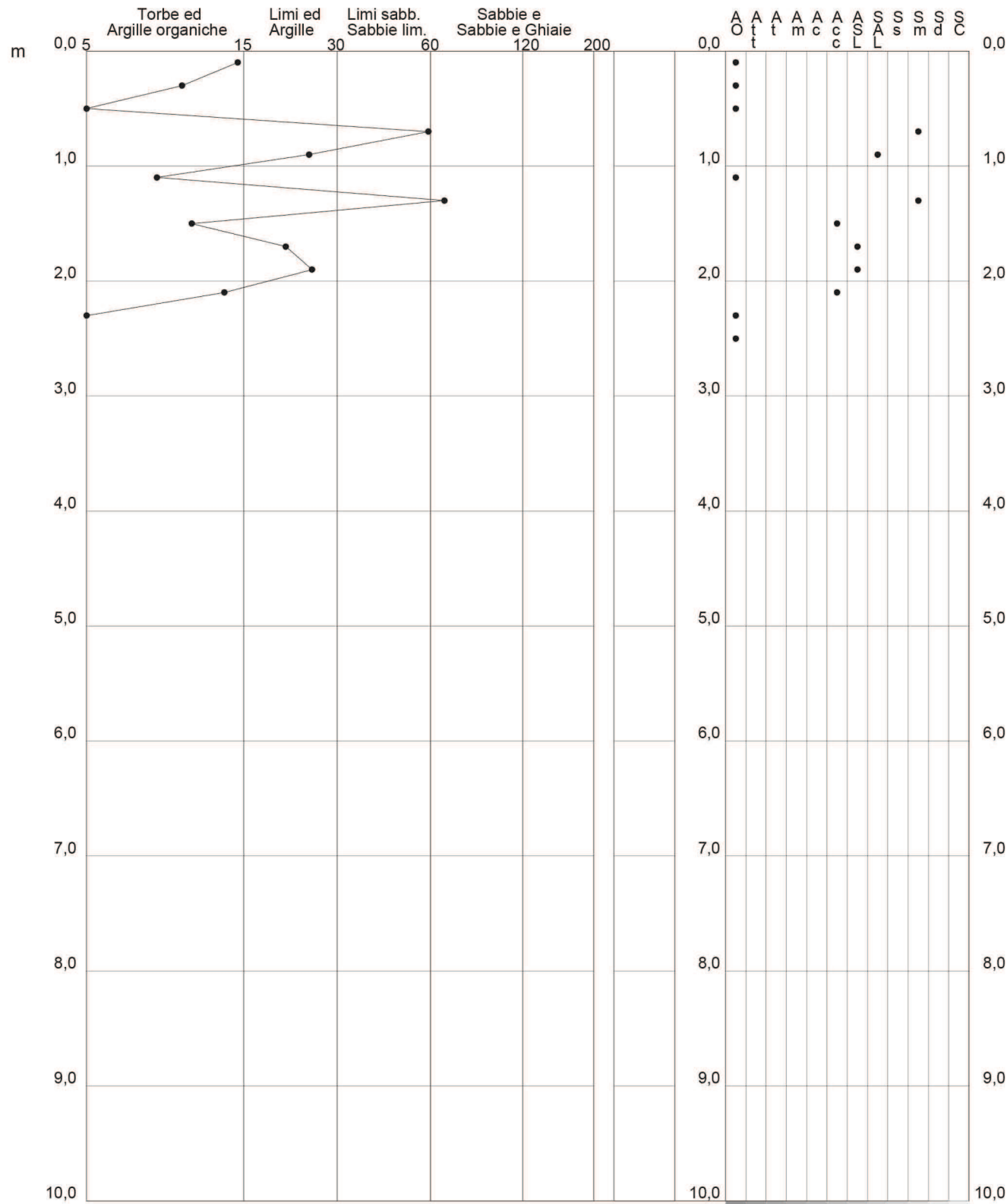
2.0105-035

- committente : Sig. Francesco Navetta
- lavoro : Realizzazione edificio per civile abitazione
- località : Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)
- assist. cantiere :

- data : 26/09/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 30/09/2017

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.0105-035

- committente :
- lavoro :
- località :
- assist. cantiere :

Sig. Francesco Navetta
Realizzazione edificio per civile abitazione
Via Vecchia Livornese, Comune di Cecina (Li)

- data :
- quota inizio :
- falda :
- data emiss. :

26/09/2017
Piano Campagna
Falda non rilevata
30/09/2017

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	9	15	2////	1,85	0,04	0,45	99,9	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	18	10	2////	1,85	0,07	0,75	99,9	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	19	3	2////	1,85	0,11	0,78	71,3	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	52	60	3:::	1,85	0,15	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	42	31	0,244	87	130	156
1,00	106	25	4/+/	1,85	0,19	3,53	99,9	601	901	318	100	42	43	45	46	44	34	0,258	177	265	318
1,20	40	8	4/+/	1,85	0,22	1,33	59,0	227	340	120	77	39	41	42	44	40	30	0,181	67	100	120
1,40	81	67	3:::	1,85	0,26	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	42	33	0,250	135	203	243
1,60	68	11	4/+/	1,85	0,30	2,27	80,0	385	578	204	88	40	42	43	45	41	32	0,218	113	170	204
1,80	61	21	4/+/	1,85	0,33	2,03	60,3	346	519	183	82	39	41	43	45	40	32	0,196	102	153	183
2,00	67	26	4/+/	1,85	0,37	2,23	59,4	380	570	201	82	40	41	43	45	40	32	0,198	112	168	201
2,20	59	14	4/+/	1,85	0,41	1,97	45,0	334	502	177	76	39	40	42	44	39	32	0,177	98	148	177
2,40	35	1	4/+/	1,85	0,44	1,17	21,0	198	298	105	56	36	38	40	42	36	29	0,119	58	88	105
2,60	59	--	3:::	1,85	0,48	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	38	32	0,164	98	148	177

RISULTATI INDAGINE MASW
Sostituzione edilizia per realizzazione di fabbricato per civile abitazione
Sig. Francesco Navetta,
Via Vicinale del Pozzo - Loc. La Cinquantina, Comune di Cecina (Li)

dispersion curve: number of frequency-velocity points=7

dataset: 2 metri.sgy

minimum offset (m): 2

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 0.131

Dispersion curve: picking 2 metri.cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 180 1 180 2 360 2.399292 460 10 800

Adopted search space (maximum Vs & thickness): 260 4 430 5 520 5 1000 18 1300

Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -128.131	-101.2097
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -112.8846	-80.64079
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -100.7561	-43.7908
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -94.6497	-43.7908
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -92.7214	-43.7908
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -83.3478	-34.5924
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -73.5166	-32
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -59.5283	-30.1705
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -59.2587	-16.883
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -50.7842	-16.883
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -45.7259	-16.883
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -43.3723	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -44.1523	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -45.5531	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -50.8577	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -47.4537	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -45.4102	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -41.0203	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -35.5566	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -39.888	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -42.1519	-14.4347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -48.3225	-14.3725
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -47.329	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -38.929	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -37.4655	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -41.3914	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -39.7132	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -34.4724	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -42.3196	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -45.1084	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -44.6836	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -37.8372	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -37.9406	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -41.7223	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -42.4899	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -34.8712	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -37.1832	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -34.9506	-10.8481
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -42.2507	-10.5017
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -41.0439	-10.5017
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -45.6077	-10.5017

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -42.9414	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -37.8828	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -48.4388	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -48.0486	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -44.6776	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -42.5238	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -40.9085	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -39.6173	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -44.731	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -39.9975	-8.01407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -40.5167	-6.28411

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 226 430 514 741 1183

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Thickness (m): 2.2 3.2 4.3 16

Number of models considered to calculate the average model: 4

RESULTS winMASW Pro
#####

MEAN MODEL

VS (m/s): 227 430 510 741 1134

Standard deviations (m/s): 0 0 6 0 74

Thickness (m): 2.2 3.1 4.3 15.2

Standard deviations (m): 0.0+0.0i 0.2+0.0i 0.0+0.0i 1.9+0.0i

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 473 895 1062 1543 2361

Density (gr/cm3): 1.87 2.03 2.07 2.16 2.26

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 261 1012 1453 3201 7857

Shear modulus (MPa): 96 375 538 1186 2910

Lamè (MPa): 226 874 1257 2770 6794

Bulk modulus (MPa): 290 1124 1616 3560 8734

Fundamental mode - Mean model

f(Hz) VR(m/s)

10.6572 809.3594

12.6903 714.0489

16.466 591.6465

25.034 443.5936

35.3447 358.3421

49.4311 262.4513

68.1645 224.6729

BEST MODEL

Vs (m/s): 226.48989 429.88915 514.13147 741.27189 1182.9047

Thickness (m): 2.15781 3.19973 4.33268 16.4365

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 471 895 1070 1543 2462

Density (gr/cm3): 1.87 2.03 2.07 2.16 2.27

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 258 1012 1477 3202 8589

Shear modulus (MPa): 96 375 547 1186 3181

Lamè (MPa): 224 874 1276 2770 7416

Bulk modulus (MPa): 288 1124 1641 3560 9537

Fundamental mode - Best model

F(Hz) VR(m/s)

10.6572 813.6183

12.6903 704.4547

16.466 586.8492

25.034 443.7444

35.3447 357.8895

49.4311 261.5424

68.1645 224.0667

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 310 m/s

VS20 (mean model): 509 m/s

VS30 (mean model): 596 m/s

VS5 (best model): 309 m/s

VS20 (best model): 508 m/s

VS30 (best model): 590 m/s

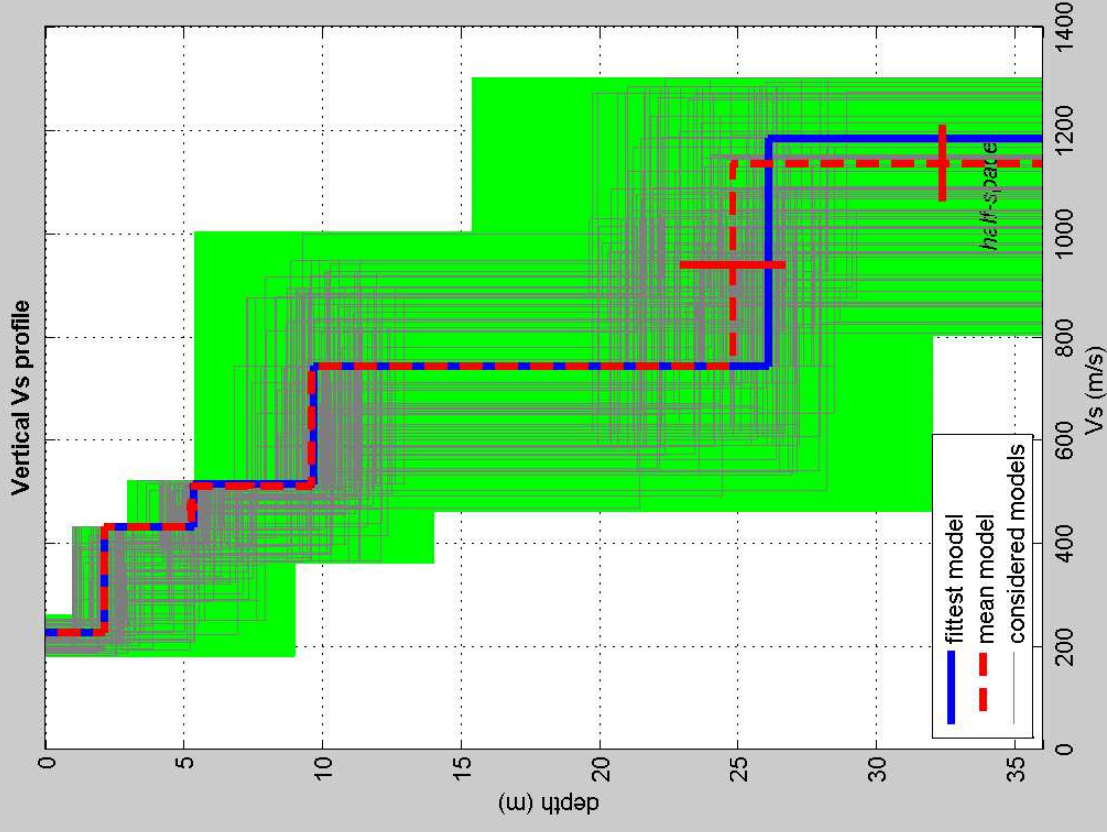
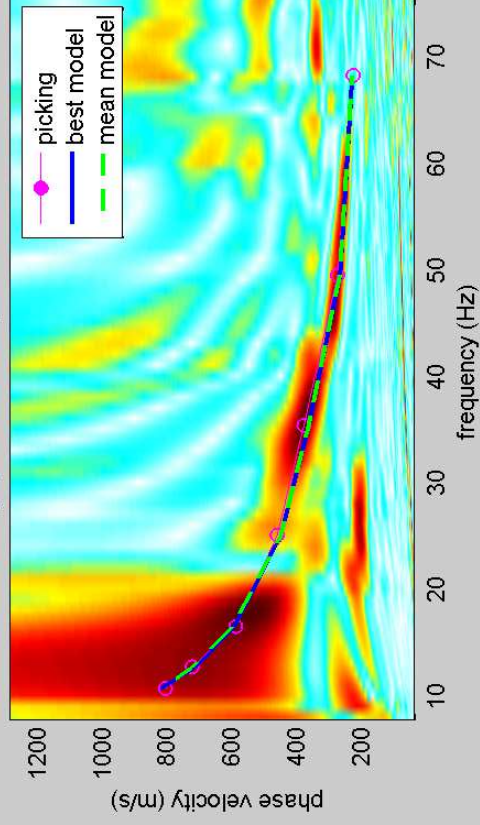
winMASW 4.2 Pro

Surface Wave Analysis

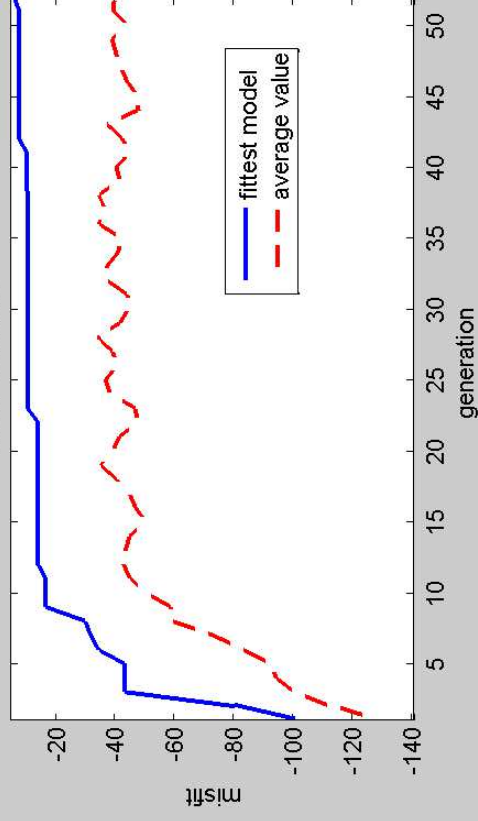
via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it

velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



dataset: 2 metri.sgy

dispersion curve: picking 2 metri.cdp

VS30 (best model): 590 m/s

VS30 (mean model): 596 m/s

