

COMUNE DI BIBBONA



COMUNE DI BIBBONA

Prov. - Livorno -

Equipe di progettazione

- Progettazione architettonica

Arch. Piergiorgio de Flumeri

Arch. Maurizio Ori

- Progettazione paesaggistica e ambientale

Arch. Maurizio Ori

- Progettazione infrastrutturale

Ing. Luciano Lorenzini

Collaboratori in fase di progettazione

- **Golf Course Architect** Dott. Luigi Rota Caremoli
- **Progettazione Impianti** Ing. Roberto Faletti
- **Geologo** Dott. Gianfranco Ruffini

Il coordinatore generale

arch. Piergiorgio de Flumeri

I committenti

soc. Play & Sun S.r.l.

**Riqualficazione ambientale in ambito turistico
denominata "Golf Costa degli Etruschi"**

OGGETTO : RELAZIONE GEOLOGICA

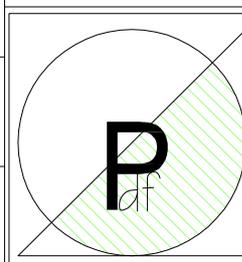
data	marzo 2016	agg.
agg.		agg.
agg.		agg.

PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA

Arch. Piergiorgio de Flumeri Iscritto all'Ordine degli Architetti della Provincia di Bergamo al n° 419 con studio in Bergamo e sede operativa in Calolziocorte (LC) viale G.Marconi, 1 tel. 0341.630890 mail : piergiorgio.deflumeri@gmail.com

Arch. Maurizio Ori O+A|Ori Arienti srl| Paesaggio e Architettura via Pallavicino 1, 26100 CREMONA T. +39 0372.23363 F. +39 037224156 mail : maurizio@oristudio.com www.oristudio.com

Ing. Luciano Lorenzini Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Livorno al n° 582 con studio in Cecina (LI) via Pasubio 26/A tel. 0586.682241 mail : info@inglorenzini.it

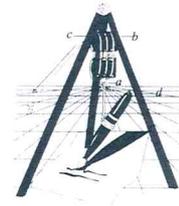


complessivo tavole

tavola

**Allegato
D**

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



*INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO
AL PIANO ATTUATIVO RELATIVO L'INTERVENTO
DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE
IN AMBITO TURISTICO DENOMINATO "GOLF LA CALIFORNIA"
UTOE 1B2 CAMPO ALLA SAINELLA*

COMUNE DI BIBBONA

Committente: Soc. Play & Sun s.r.l.

Marzo 2016

Il Geologo

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

*Indagini geologico tecniche di supporto al Piano Attuativo
relativo l'intervento di riqualificazione ambientale
in ambito turistico denominato "Golf La California"
UTOE 1B2 Campo alla Sainella*

COMUNE DI BIBBONA

INDICE

Premessa	pag. 2
Inquadramento morfologico	pag. 3
Inquadramento geologico	pag. 4
Idrogeologia della zona	pag. 4
Pericolosità del Quadro conoscitivo vigente	pag. 6
Fattibilità degli interventi	pag. 8
Metodologia di indagine	pag. 11
Modello litologico del substrato	pag. 12
Inquadramento litotecnico	pag. 13
Caratterizzazione geotecnica	pag. 13
Classificazione sismica	pag. 15
Interventi in progetto	pag. 16
Inquadramento geotecnico	pag. 16

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

*Indagini geologico tecniche di supporto al Piano Attuativo
relativo l'intervento di riqualificazione ambientale
in ambito turistico denominato "Golf La California"
UTOE 1B2 Campo alla Sainella*

COMUNE DI BIBBONA

INDICE

Premessa	pag. 2
Inquadramento morfologico	pag. 3
Inquadramento geologico	pag. 4
Idrogeologia della zona	pag. 4
Pericolosità del Quadro conoscitivo vigente	pag. 6
Fattibilità degli interventi	pag. 8
Metodologia di indagine	pag. 11
Modello litologico del substrato	pag. 12
Inquadramento litotecnico	pag. 13
Caratterizzazione geotecnica	pag. 13
Classificazione sismica	pag. 15
Interventi in progetto	pag. 16
Inquadramento geotecnico	pag. 16

Premessa

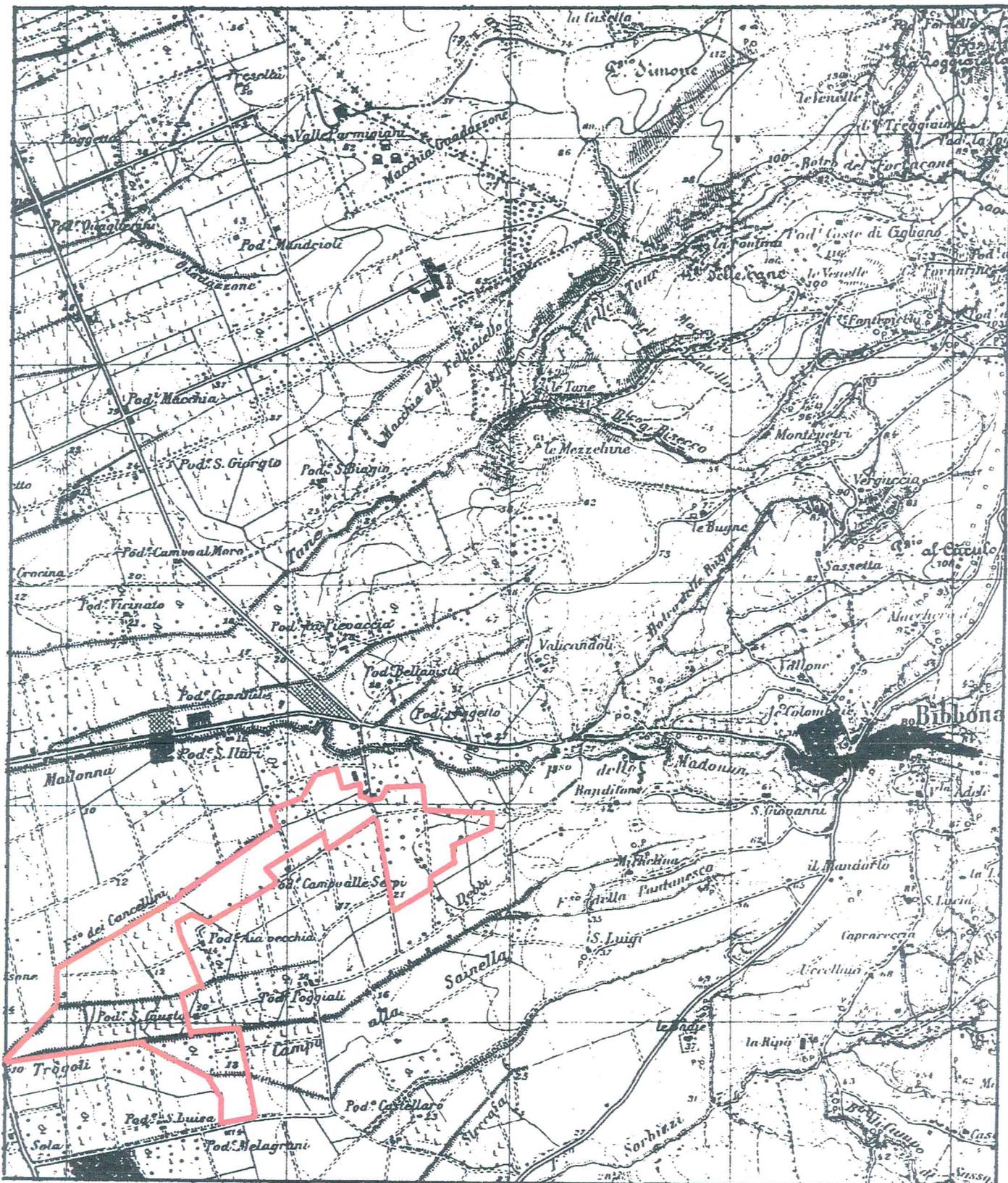
La presente indagine, a carattere geologico, è relativa l'area individuata come sede del "**Campo da Golf La California**". L'area è posta nel settore sud-occidentale del territorio comunale di Bibbona (**fig. 1**), delimitata a nord dalla Via della Camminata, che unisce la frazione La California al capoluogo, ad ovest dalla ex Statale Aurelia e a sud dalla via vicinale delle Capanne (**fig. 2**). L'area, che si identifica con l'UTOE 1B2 del Piano Strutturale, con destinazione "golfistico – immobiliare", è stata quindi oggetto di una specifica perimetrazione e risulta ubicata in una zona destinata a *sviluppo turistico in ambito agricolo*. L'UTOE 1B2, denominata Campo alla Sainella, è normata dalla Scheda 1 del Terzo Regolamento Urbanistico comunale, approvato con Del. Consiglio Comunale n° 57 del 22.12.2015 e divenuto vigente a seguito della pubblicazione sul BURT del 10.02.2016.

La previsione urbanistica consente di sviluppare un percorso golf composto da 18 buche con annessi edifici da destinare ad albergo-residence, a club house, a centro congressi, a spazi commerciali – artigianali e a manufatti accessori.

Lo studio in parola è di supporto al relativo Piano Attuativo, 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 le Direttive le indagini geologico tecniche da produrre a sostegno di un Piano Attuativo si configurano con quelle esposte al punto 4 dell'Allegato A del suddetto DPGR. Il Terzo Regolamento Urbanistico, in relazione esclusivamente alle previsioni di cui alla Scheda Normativa n. 1 UTOE 1B2 "Campo Golf" - Campo alla Sainella, è stato dotato di indagini geologico tecniche redatte ai sensi del citato Regolamento 53/R.

La presente indagine si compone dei seguenti elaborati:

- relazione geologica
- carta geologica
- carta della pericolosità geologica ai sensi del DPGR 53/R



UBICAZIONE DELL'AREA IN OGGETTO

fig. 1

scala 1:25.000

- carta della pericolosità sismica ai sensi del DPGR 53/R
- carta della pericolosità idraulica ai sensi del DPGR 53/R
- carta delle aree esondate a seguito dello studio idraulico eseguito dall'Ing. Chiavaccini a supporto delle previsioni della Scheda UTOE 1B2, Campo alla Sainella
- carta della pericolosità idraulica del PAI vigente
- carta della pericolosità idraulica rivaluta a seguito dello studio idraulico dell'Ing. Chiavaccini
- carta della fattibilità dell'atto di pianificazione da adottare allegata al R.U.
- ubicazione delle indagini geognostiche
- sezioni elettrostratigrafiche
- sezione litologica schematica

Inquadramento morfologico

L'area in oggetto presenta una forma irregolare, prevalentemente sviluppata in senso est-ovest, per una lunghezza di circa 2.600 metri ed un'ampiezza variabile tra 200 e 700 metri (**fig. 2**).

La zona è pianeggiante, compresa tra la quota di 8 metri del margine occidentale, adiacente la ex Statale Aurelia, e i 30 metri s.l.m. del settore est, in prossimità del Podere Doccione. La morfologia è pianeggiante, monotona fino all'altezza dell'isoipsa dei 25 metri, contraddistinta da una pendenza minima (1%). Questa aumenta nella porzione orientale (17%), dove è identificabile un relativo crinale ma dove si mantiene evidente una situazione morfologica penepianata. Data la morfologia descritta non sono chiaramente presenti situazioni di dissesto in atto o potenziali; analogamente non sono stati rilevati lineamenti conseguenti situazioni di erosione o dilavamento.

L'idrografia superficiale è rappresentata dal Fosso della Madonna che delimita la zona nel settore nord-est. Al riguardo il margine nord-est della proprietà, chiaramente non interessato da previsioni, è compreso nella cassa di laminazione del corso d'acqua. Procedendo verso ovest è individuabile il Fosso di Calcinaiola, che delimita l'area a nord e che si continua nel Fosso dei Cancellini che marca il confine della zona nella porzione centrale ed occidentale. A sud-est è presente il Fosso Michelina che si continua nel Fosso Poggiali. Quest'ultimo limita la zona nella porzione centro meridionale e riceve il Fosso dei Doccioni prima di unirsi al citato Fosso dei Cancellini, originando il Botro dei Trogoli a valle della ex Aurelia. La zona centrale dell'UTOE è infine solcata dal Fosso Fonte di Lagone, anch'esso confluyente nel Fosso Cancellini. Fatta eccezione per il Fosso della Madonna, caratterizzato da un alveo pronunciato, gli altri corsi d'acqua si

identificano in modesti impluvi, con sezione a forma trapezia, variabile, generalmente con tratti rettilinei di chiara origine antropica. La pendenza è modesta e la possibilità di deflusso variabile in funzione delle precipitazioni. Rappresentano il termine ultimo del reticolato idrografico minore, costituito da fosse campestri, capofossi e scioline, la cui manutenzione non sempre è al momento attuata con la periodicità necessaria.

Inquadramento geologico

In **fig. 3** è riportata la geologia della zona. Il substrato della porzione terminale occidentale è costituito da sedimenti quaternari di natura limo sabbiosa, riconducibili alle **alluvioni recenti**. Si tratta di sedimenti legati all'attività di esondazione dei vari corsi d'acqua presenti. Procedendo verso est, mediamente in coincidenza della isoipsa dei 10 metri, e pertanto in tutta la zona occupata dalle previsioni edificatorie associate all'UTOE, è individuabile la formazione delle **ghiaie e sabbie di Quadrelle**, che costituisce la base delle alluvioni precedenti. La formazione è formata da sabbia mista a ghiaia, di elaborazione fluviale, la cui sedimentazione è dovuta allo sbocco nella pianura costiera di alcuni paleotorrenti dalle colline più interne. Data la presenza di una coltre terrigena, il contatto non è sempre correttamente posizionabile.

Nella terminazione orientale (Podere Doccione), dove la morfologia è più elevata e descrive un relativo crinale, il substrato risulta invece costituito da un litotipo sabbioso, di colore rosso arancio, noto nella letteratura geologica con il termine di **sabbie rosso arancio di Donoratico**. Il corpo sedimentario si presenta costituito da sabbie massive, a granulometria fine, contenente una quantità notevole di ciottoli o di materiali detritici brecciformi. Molto variabile con la distribuzione areale è poi la componente limosa e/o argillosa. Si tratta di un deposito di ambiente continentale, di facies analoga a quella della formazione precedente con la quale sono documentati rapporti di eteropia. Nella fattispecie lo spessore è ridotto a pochi metri e le sabbie di Donoratico giacciono placcate sopra a Quadrelle.

Idrogeologia della zona

Le formazioni affioranti presentano, per la loro costituzione litologica, una media permeabilità per porosità e costituiscono un valido acquifero esteso su un ampio

territorio. L'acquifero è prevalentemente di tipo freatico. La presenza di lenti di limo argilloso intercalate alle ghiaie e alle sabbie, determina però l'esistenza di falde sovrapposte con caratteri di artesianità. Nella zona sono presenti numerosi pozzi, sia ad uso irriguo che domestico che idropotabile. La maggior parte di questi parte attinge dalla falda artesianiana individuata da 20 a 45 metri dal p.c. (vedi S3 adiacente il Podere Eugenio e le stratigrafie dei pozzi di fig. 12), coincidente con un potente orizzonte di calcarenite. Quelli di tipo romano attingono dalla falda freatica superficiale. L'esame di alcuni di questi ultimi ha indicato una profondità di 8.00-9.00 metri. Il litotipo superficiale consente quindi una sufficiente percolazione delle acque meteoriche in profondità. Tale percolazione può però venire meno localmente nella zone dove risulta prevalente la frazione limosa o argillosa, con particolare riferimento ai periodi maggiormente piovosi.

Come già indicato, la falda da cui traggono alimentazione i pozzi presenti nella zona è di natura confinata (pozzi artesiani). Risulta palese dall'esame delle stratigrafie come il substrato sia contraddistinto da un'alternanza di livelli sabbiosi e conglomeratici e/o calcarenitici e di livelli di argilla bruna consistente di spessore variabile ma comunque significativo. I livelli granulari o calcarei costituiscono gli *acquitardi* mentre i livelli argillosi identificano gli *acquicludi*. Essendo il substrato della pianura costiera composto da sedimenti quaternari di deposizione continentale non è possibile attendersi una distribuzione continua, omogenea e monotona dei vari spessori. I livelli litologici (sia che siano *acquitardi* che *acquicludi*) variano in spessore distribuendosi con soluzione di continuità e interdigitandosi. Rimane comunque valido il modello litologico che riflette un acquifero multistrato.

Una conferma all'artesianità dell'acquifero deriva dalla stratigrafia ricavata con il piezometro S3. La falda è stata indagata a partire da 18.60 metri di profondità dal piano campagna mentre il livello piezometrico si è attestato a 13.40/13.50 metri di profondità. Si ha quindi una risalita del livello idrico di circa 5.00 metri, tipica di una situazione di falda confinata. Analoghe informazioni sono associabili anche agli altri due piezometri, seppur con minore risalto. I dati citati sono riassunti nella tabella seguente

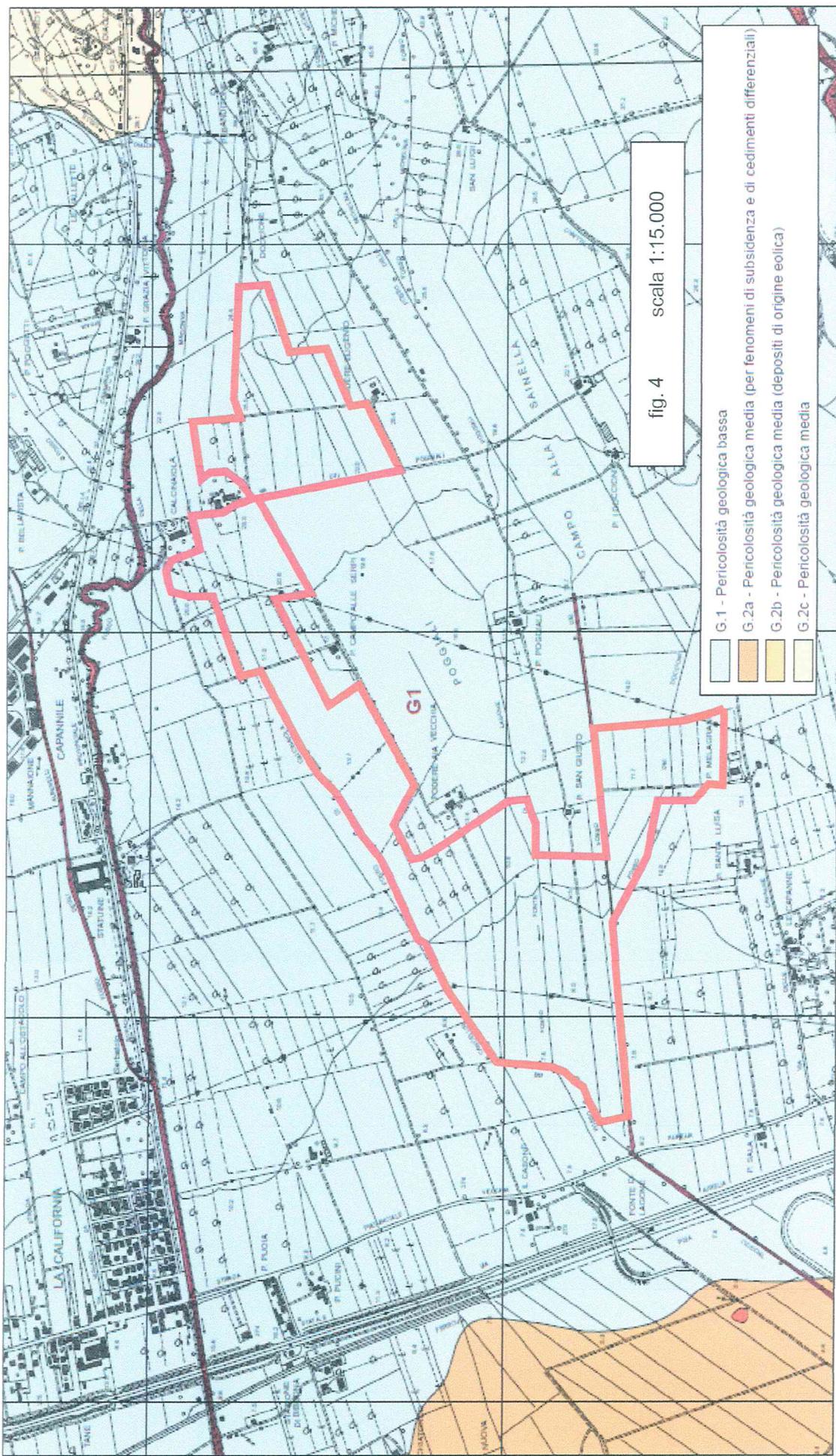
Piezometro	Soggiacenza	Piezometrica	Dislivello
S1	3.80 mt.	1.50-2.20 mt.	1.60-2.30 mt.
S2	3.10 mt.	1.50-2.80 mt.	0.30-1.60 mt.
S3	18.60 mt.	13.40-13.50 mt.	5.10-5.20 mt.

I dati indicano poi come la piezometrica digradi da est verso ovest, identificando la zona di ricarica nei depositi granulari e litoidi costituenti la dorsale collinare interna. Al termine delle perforazione sono state eseguite prove di portata sui singoli piezometri, tramite compressore ad aria. La portata lungo le tre verticali è risultata significativa, mediamente omogenea e quantificata in circa 200 litri al minuto. Si fa presente come tale portata, pur significativa, risulti del tutto ininfluenza ai fini dell'attuazione della previsione urbanistica. L'intervento in progetto non produrrà infatti impatto sulla portata e quindi sulla "salute" dell'acquifero. L'acqua necessaria per le varie irrigazioni sarà attinga dai vari bacini previsti all'interno del golf, la cui ricarica avverrà poi tramite il recupero delle acque meteoriche ricadenti sull'area (la piovosità media annua è stimata in 760 mm.). Non sono quindi da prevedere situazioni di stress per l'acquifero multistrato presente nel substrato.

E' infine doveroso evidenziare come il possibile inquinamento della falda da parte della nuova previsione risulti nullo. Predetto che la falda risulta naturalmente esclusa da una potenziale vulnerabilità in quanto confinata, si rileva come le varie attività in progetto non produrranno agenti inquinanti. I reflui igienici domestici saranno trattati tramite i vari impianti di fitodepurazione all'interno di vasche impermeabili. L'area non occupata dagli insediamenti e dalle piazzole del golf sarà piantumata con olivi; la loro coltivazione non prevede uso di concimi e fertilizzanti ma solo un'irrigazione di soccorso durante i primi anni di impianto. E' invece prevista la concimazione delle aree a verde circostanti le buche del golf. Anche in questo caso l'eventuale uso di concimi risulterà ininfluenza in quanto il terreno relativo le varie piazzole sarà reso completamente impermeabile tramite la messa in posto di teli appositi e le eventuali acque in esubero canalizzate, impedendo loro la percolazione nel terreno.

Pericolosità del Quadro conoscitivo vigente

I caratteri morfologici e litologici presenti coincidono con condizioni di buona stabilità. In considerazione dei criteri indicati dal DPGR 53/R per la classificazione del territorio, nella carta allegata al Terzo Regolamento Urbanistico (**fig. 4**) il settore è classificato a **pericolosità geologica bassa (classe G1)**.



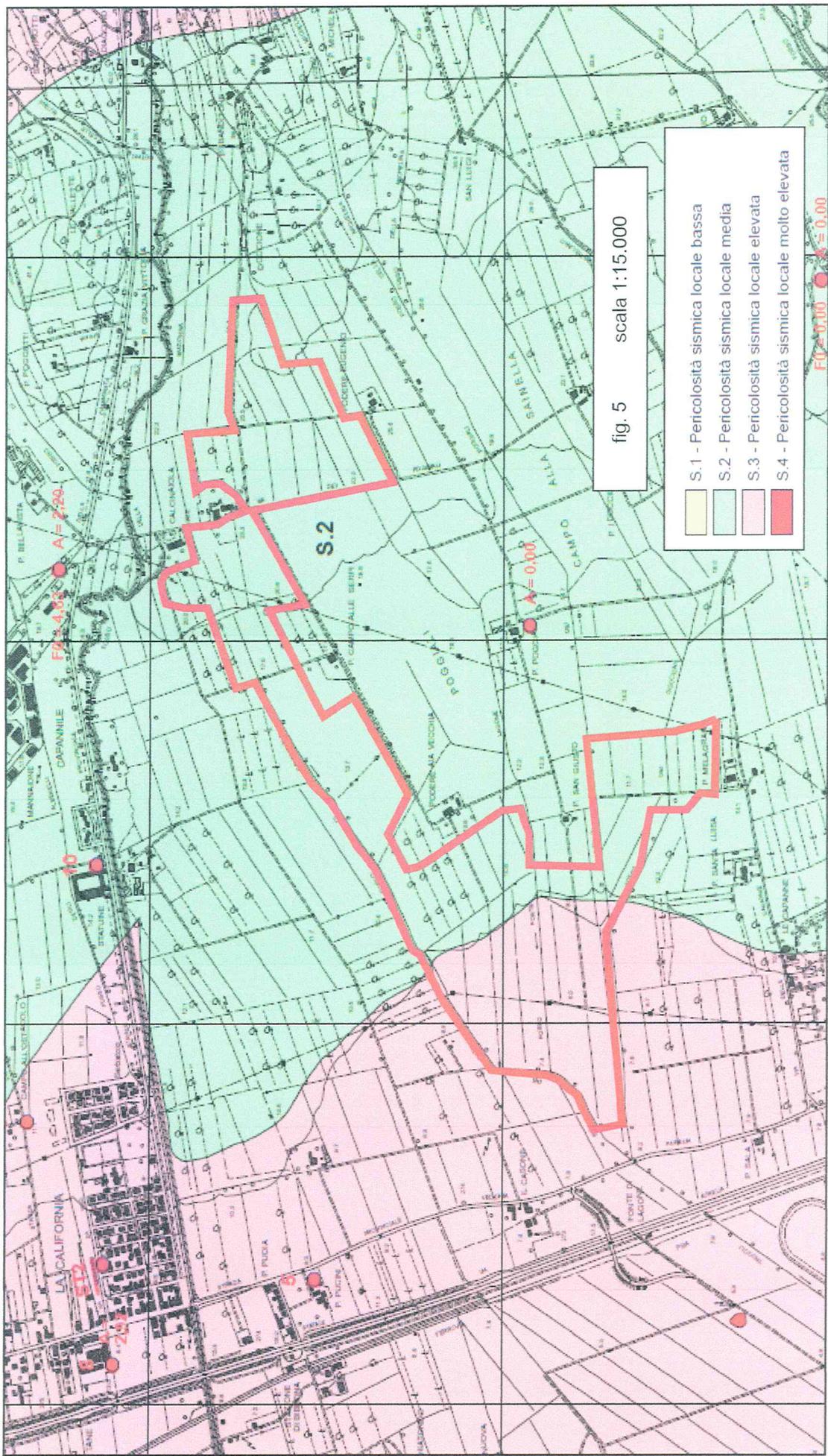
**PERICOLOSITA' GEOLOGICA AI SENSI DEL DPGR 53/R/2011
ALLEGATA AL TERZO REGOLAMENTO**

Nel tematismo allegato al Regolamento Urbanistico la **pericolosità sismica locale** è ritenuta **media (S.2, fig. 5)** per la maggior parte dell'area del golf ed **elevata (S.3, fig. 5)** per la terminazione occidentale, nel tratto caratterizzato dai depositi alluvionali, alla confluenza tra il Fosso Cancellini a nord e il Fosso Doccioni a sud.

Gli studi idraulici dei corsi d'acqua interessanti il territorio comunale di Bibbona, redatti prima dal Prof. Ing. Stefano Pagliara su incarico della Provincia di Livorno e successivamente dagli Ingegneri Chiavaccini e Verzoni nel contesto del Regolamento Urbanistico 2010, hanno evidenziato come le aree soggette ad esondazione con tempo di ritorno duecentennale ad opera dei fossi presenti siano minori rispetto a quanto segnalato nella cartografia del PAI (per sua natura volta alla cautela). In conseguenza dei risultati dello studio idraulico degli Ing. Chiavaccini e Verzoni è stata redatta la carta di pericolosità idraulica di supporto al Regolamento Urbanistico 2010 reiterata nel Terzo Regolamento Urbanistico del 2015 redatto ai sensi del DPGR 53/R. La **figura 6** articola il territorio di interesse nelle classi di pericolosità idraulica. L'area dell'UTOE 1B2 è contraddistinta dalle classi di **pericolosità media e elevata (classi I2 e I3)**. Le indagini di supporto al R.U. del 2010 sono state verificate ed accettate dall'Autorità di Bacino Toscana Costa. Ne deriva una implementazione dei risultati nella cartografia stessa del PAI con le aree censite I3 coincidenti con le aree PIE del PAI (aree a pericolosità elevata).

Lo studio idraulico degli Ing. Chiavaccini e Verzoni (2010) non ha però preso in esame i fossi interessanti l'UTOE 1B2 ma solo quelli principali relativi la zona di pianura. Nello studio geologico di supporto al R.U. si ha quindi che, nello specifico dell'UTOE 1B2, la pericolosità idraulica elevata (P.I.E.), ove presente, è dovuta in parte ai risultati dello Studio Idraulico per $Tr=200$ anni (settore ovest), in parte all'applicazione del criterio altimetrico rispetto alle quote del ciglio dei fossi (settore nord relativo l'ambito del Fosso Cancellini/Calcinaiola, settore centrale attraversato dal Fosso Fonte Lagone, settore centro-sud interessato dal Fosso dei Doccioni) ed in parte alle previsioni del P.A.I.

Nel maggio 2014 e nel novembre 2015, a supporto del progetto in parola, al fine di definire i livelli di esondazione e di conseguenza la quota a cui impostare il piano di calpestio dei singoli insediamenti, e quantificare i volumi da compensare, la Proprietà ha incaricato l'Ingegnere Chiavaccini di verificare le reali condizioni di pericolosità idraulica



**PERICOLOSITA' SISMICA AI SENSI DEL DPGR 53/R/2011
 ALLEGATA AL TERZO REGOLAMENTO**

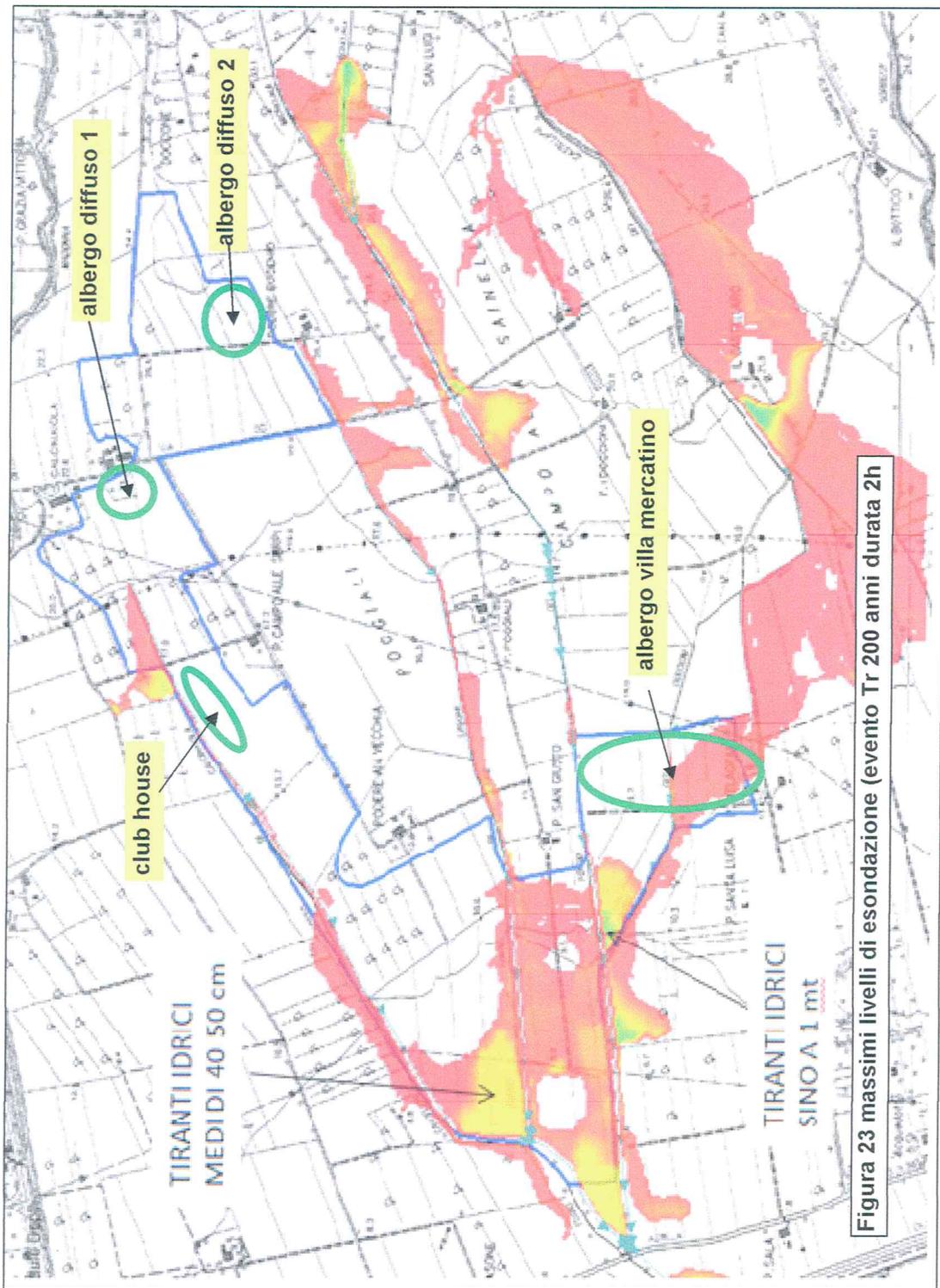
dell'area del golf in oggetto. I risultati di tali verifiche sono riportati nello studio idrologico idraulico al quale si rimanda e che è stato implementato nel Terzo Regolamento Urbanistico comunale (allegato 2). Lo studio ha preso in esame tutti i corsi d'acqua minori relativi l'UTOE 1B2. Dallo studio (**fig. 7**) si rileva come i massimi livelli di esondazione per un evento con tempo di ritorno 200 anni vadano ad interessare solo alcune limitate aree marginali e come solo in coincidenza della terminazione occidentale dell'UTOE, in accordo con quanto rilevato con gli studi precedenti, siano attesi tiranti idrici di 1 metro. Dalla stessa figura si rileva inoltre come solo la parte occupata dall'albergo villa e mercatino (a sud) sia effettivamente interessata da una potenziale esondazione, con un tirante nell'ordine dei 40-50 cm, necessitando quindi di messa in autosicurezza e di compensazione dei volumi esondati, mentre le aree occupate dagli altri insediamenti non siano soggette ad inondazione.

In conseguenza dei risultati dello proprio studio (2014-2015) l'Ing. Chiavaccini propone una modifica della pericolosità idraulica del PAI dell'Autorità di Bacino Toscana Costa, proposta reiterata nello stesso Terzo Regolamento Urbanistico. Nelle **figg. 8 e 9** sono riportate rispettivamente la pericolosità idraulica del PAI vigente e quella rivalutata a seguito dello studio indicato.

Fattibilità degli interventi

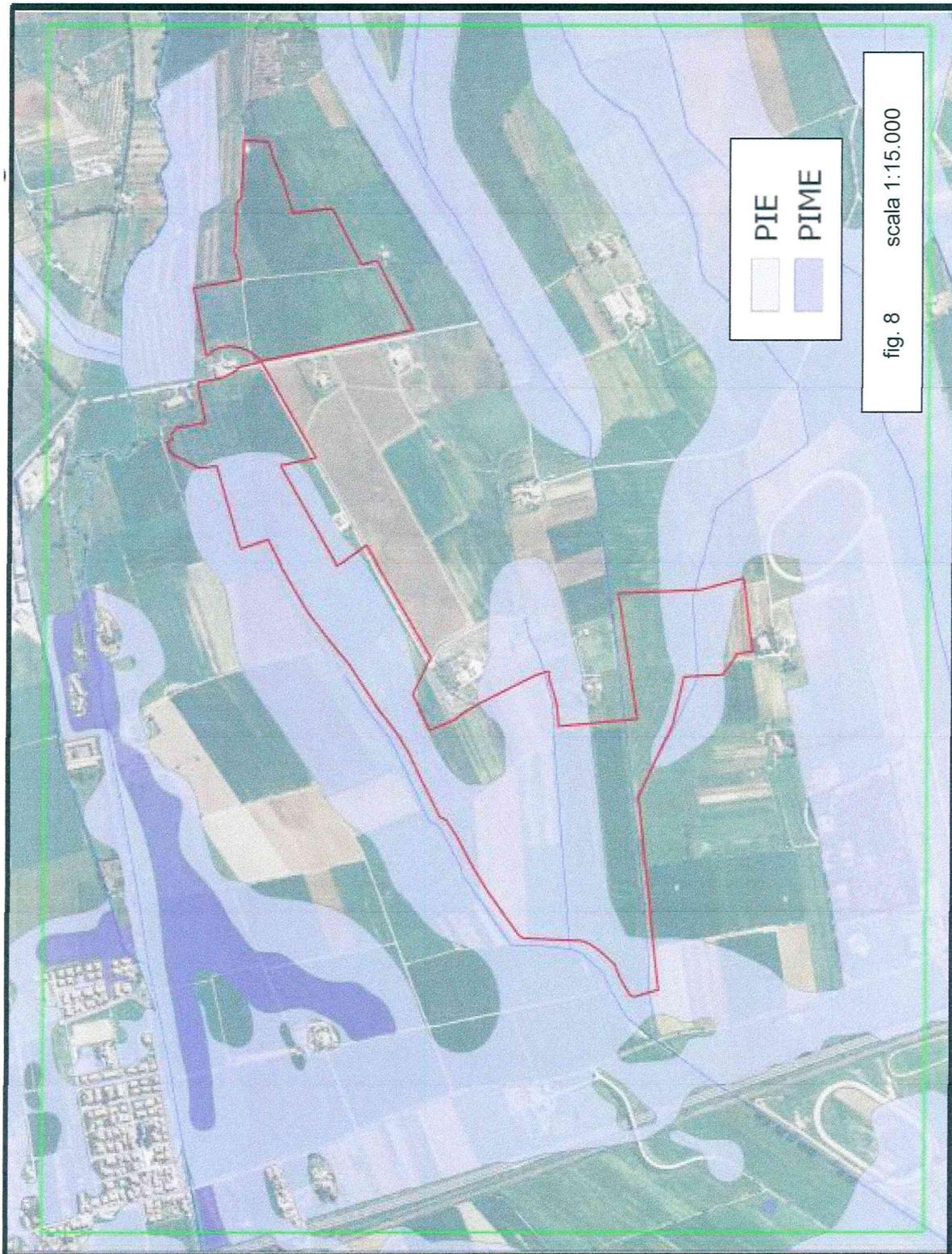
Sull'estratto cartografico di **fig. 10** è indicata la fattibilità geologica a sismica degli interventi previsti nell'UTOE 1B2, così come indicato nel Regolamento Urbanistico del 2014. La fattibilità geomorfologica è ritenuta **con normali vincoli (F2)**, mentre la fattibilità sismica è valutata **con normali vincoli (F2)** per la quasi totalità dell'UTOE e **condizionata (F3)** per gli interventi previsti nella terminazione occidentale (depuratore).

Nel Regolamento Urbanistico vigente (2014) la fattibilità idraulica è stata invece rivaluta sulla base degli studi idrologici e idraulici di approfondimento e considerando le opere di messa in sicurezza previste; di fatto sono state attribuite due classi di fattibilità (F2 con normali vincoli e F4 limitata, **fig. 11**). La **classe F.I2** riguarda tutti gli interventi ricadenti in aree a pericolosità idraulica media e quegli interventi a bassa vulnerabilità ricadenti in aree a pericolosità idraulica elevata, quali gli elementi caratteristici delle attività golfistiche, le modifiche morfologiche, la viabilità, i servizi tecnici e i sottoservizi.

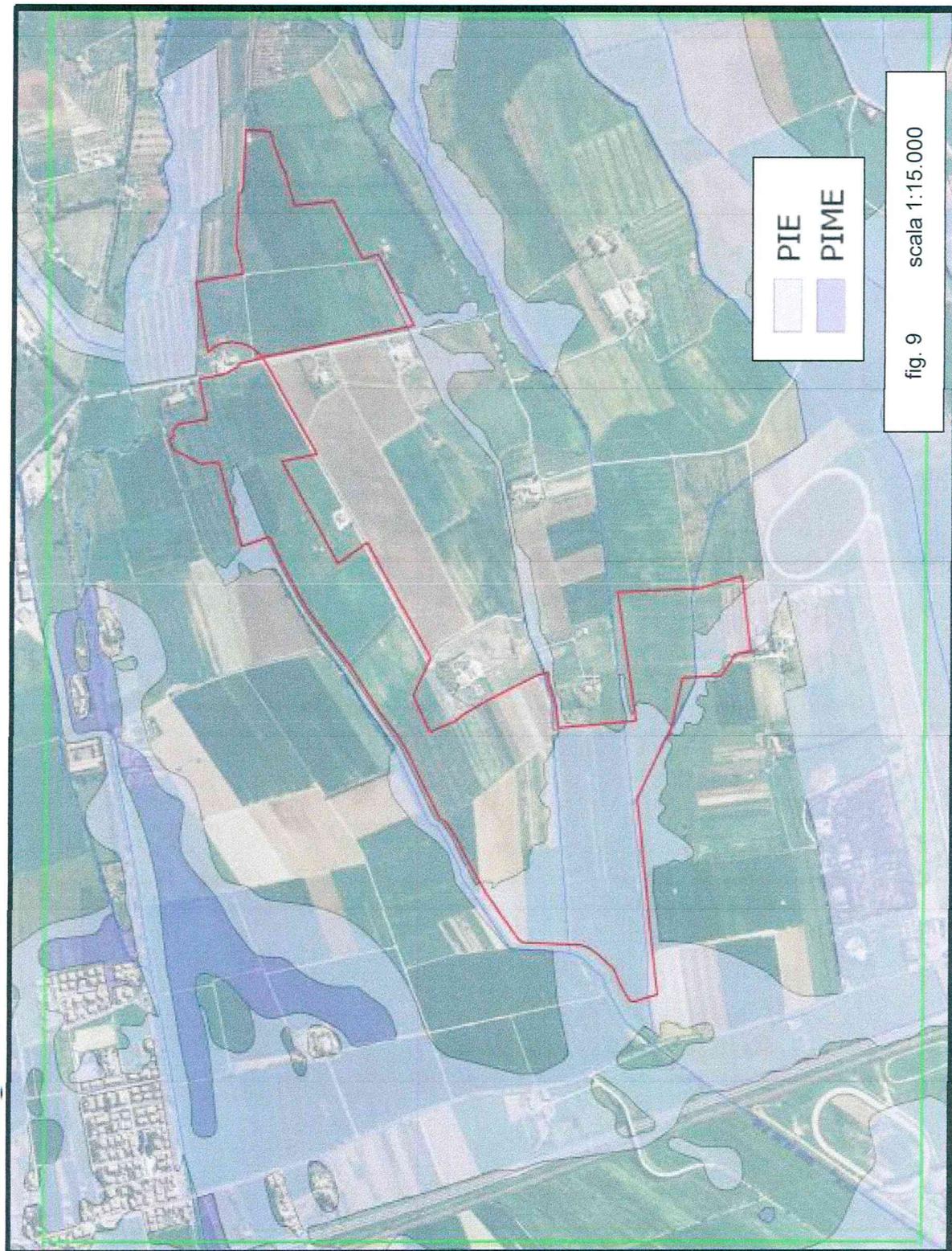


RISULTATO DELLO STUDIO IDRUALICO DELL'ING. CHIAVACCINI (2014)

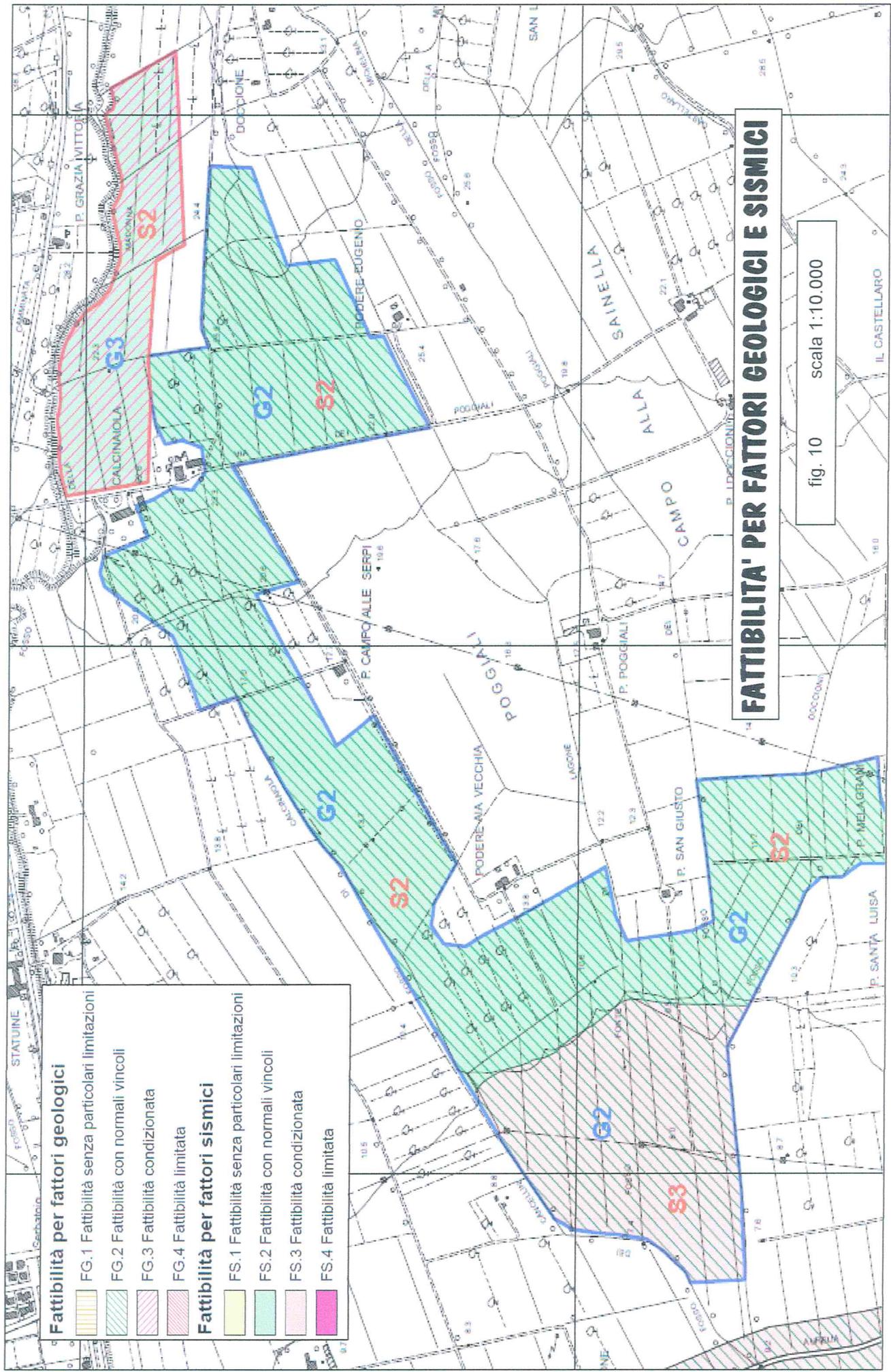
fig. 7 scala 1:15.000



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DEL PAI VIGENTE



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA RIVALUTATA A SEGUITO DELLO STUDIO ING. CHIAVACCINI



Fattibilità per fattori geologici	
	FG.1 Fattibilità senza particolari limitazioni
	FG.2 Fattibilità con normali vincoli
	FG.3 Fattibilità condizionata
	FG.4 Fattibilità limitata
Fattibilità per fattori sismici	
	FS.1 Fattibilità senza particolari limitazioni
	FS.2 Fattibilità con normali vincoli
	FS.3 Fattibilità condizionata
	FS.4 Fattibilità limitata

FATTIBILITA' PER FATTORI GEOLOGICI E SISMICI

fig. 10 scala 1:10.000

La **classe F.14** è attribuita agli interventi ad alta vulnerabilità, in sostanza agli edifici destinati ad essere frequentati da esseri viventi, con permanenze anche prolungate nel tempo, per ospitalità, ristorazione, club house, ecc.

In particolare, secondo quanto indicato nel DPRG 53/R in merito alle varie condizioni di fattibilità si ha quanto di seguito

- nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica bassa possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico
- nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica bassa possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico
- nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica elevata relativamente ai Comuni in zona 3s, *nelle zone con possibile amplificazione stratigrafica deve essere prescritta 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*; tali indagine geofisiche dovranno essere svolte nel contesto della formazione della documentazione a supporto del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica media non è necessario indicare condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico
- nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica elevata non sono da prevedere interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture per i quali non sia dimostrabile il rispetto delle condizioni di sicurezza, o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni

Nel dettaglio si rileva come la fattibilità sia **con normali vincoli** in merito agli aspetti geomorfologici e sismici. Ne consegue che, a supporto dei singoli interventi esecutivi, dovranno essere redatte indagini geologico-tecniche ai sensi del Testo Unico (Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 14.01.2008). Gli studi geologici, geognostici e geotecnici dovranno essere realizzati secondo le tipologie e le modalità indicate dall'art. 7 del D.P.G.R. 36/R 09.07.2009 (classi di indagine) sulla base della dimensione

dei singoli interventi. Tali indagini dovranno fornire una parametrizzazione del sottosuolo fino alla profondità ritenuta significativa in merito all'opera da realizzare, giustificando e motivando la scelta di fondazioni superficiali o profonde. Al proposito nella scheda normativa 1 relativa l'UTOE 1B2 allegata al Terzo Regolamento Urbanistico (2015) viene dettagliata la possibile tipologia di prospezioni geognostiche.

Relativamente alle problematiche di natura idraulica, con riferimento agli interventi dell'Atto di Pianificazione dichiarati a fattibilità limitata, si richiama quanto indicato nella scheda di fattibilità dell'UTOE. I nuovi interventi edilizi che comportino nuove volumetrie potranno essere attuati solo prevedendo la messa in sicurezza contestuale o preventiva rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni sulla quota del battente idraulico, senza aggravio sui terreni contermini e con il recupero dei volumi idraulici, e solo a seguito dell'attuazione delle opere di messa in sicurezza indicate nello studio idrologico idraulico esplicitato nell'allegato 3 al RU..

Nello studio idrologico idraulico dell'Ing. Chiavaccini vengono descritte le proposte di intervento relative la messa in sicurezza idraulica. In particolare il livello di progettazione delle opere è stato maggiormente definito per l'edificato previsto al margine sud, destinato a servizi, albergo e mercatino, e soggetto all'esondazione del Fosso Doccioni. Dallo studio si rileva come nella zona dell'albergo-mercatino siano previsti tiranti idrici massimi nell'ordine di 38 centimetri e si determina in circa 230 mc il volume delle acque in esondazione che affluiscono nell'area. Il posizionamento dell'edificato ad una quota superiore di circa 1 metro rispetto al livello del terreno attuale comporta una ridefinizione dei collettori di drenaggio; è stato quindi individuato un collettore di bypass che consenta di invasare tramite bocca tarata le eventuali acque di esondazione. Con tale sistema si intende invasare il suddetto volume in aree specifiche. Il collettore, sovradimensionato per contenere le acque, sarà ubicato lateralmente ai parcheggi e alla strada e distribuito in modo sia da intercettare le acque di esondazione provenienti da sud sia da poter riversare le acque invase nel Fosso Doccioni a nord una volta terminato l'evento di piena. Complessivamente il collettore di invaso si estenderà per circa 3.455 mq. Su circa 1.530 mq si prevede un abbassamento del terreno di almeno 15 cm mentre la superficie rimanente sarà utilizzata per il raccordo al territorio circostante. Le aree di invaso saranno divise dalla strada di accesso agli edifici e

dovranno essere idraulicamente collegate con almeno 2 tubazioni di diametro 200. La restituzione delle acque nel Fosso Doccioni avverrà a gravità tramite tubazioni di piccolo diametro o canalette.

Il progetto generale prevede inoltre che gli edifici siano impostati a + 1 metro rispetto al piano campagna, a prescindere dalla reale pericolosità idraulica. Sono infine previste modifiche della morfologia del terreno, eseguite per la realizzazione delle piazzole del campo da golf. Al riguardo si evidenzia come l'intento dei progettisti sia quello di non aumentare i volumi di terreno presenti ma di attuare la modifica della morfologia tramite scavi e riporti di pari volume, avendo cura che la nuova morfologia sia tale da determinare allagamenti di aree diverse da quelle indicate nello studio Chiavaccini come aree potenzialmente inondabili. Con tali modalità la modifica della morfologia non si rifletterà in alcun aumento della pericolosità nelle altre aree. Si evidenzia infine come sia prevista la realizzazione di un cospicuo numero di laghetti (depressioni morfologiche) funzionali al campo da golf, sia in aree esenti da potenziali allagamenti sia in aree potenzialmente inondabili. Questi svolgeranno sia un ruolo estetico che di riserva d'acqua e potranno pertanto identificarsi in volumi disponibili per le acque che esondano dai vicini fossi.

Con riferimento agli interventi dell'Atto di Pianificazione si richiama infine quanto indicato al punto 3.2.2.1.f del DPGR 53/R del 27.04.2007: *"...fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza, conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche, accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere rilasciata dichiarazione di abitabilità e di agibilità"*.

Metodologia d'indagine

Il contesto litologico del substrato è documentabile tramite le stratigrafie ricavate dalla perforazione di alcuni pozzi. Nel particolare viene fatto riferimento ai **cinque pozzi** indicati in **figura 12** ripresi dal data-base del progetto INCAS della Provincia di Livorno. Le stratigrafie sono allegate. Le informazioni sono ritenute significative in quanto i pozzi sono uniformemente distribuiti su tutta la zona in parola ed illustrano un quadro litologico sufficientemente omogeneo. Al fine di confermare le informazioni ricavate dai dati di letteratura, sono stati eseguiti tre sondaggi i cui fori sono stati successivamente

attrezzati come piezometri. Ciascun sondaggio è stato sviluppato per i primi 20 metri a carotaggio continuo e per i successivi 30 metri a distruzione di nucleo. La posizione dei tre sondaggi/piezometri è indicata in figura 12. Le stratigrafie ricavate con i piezometri e le foto relative le cassette catalogatrici della litologia dei primi 20 metri sono allegate.

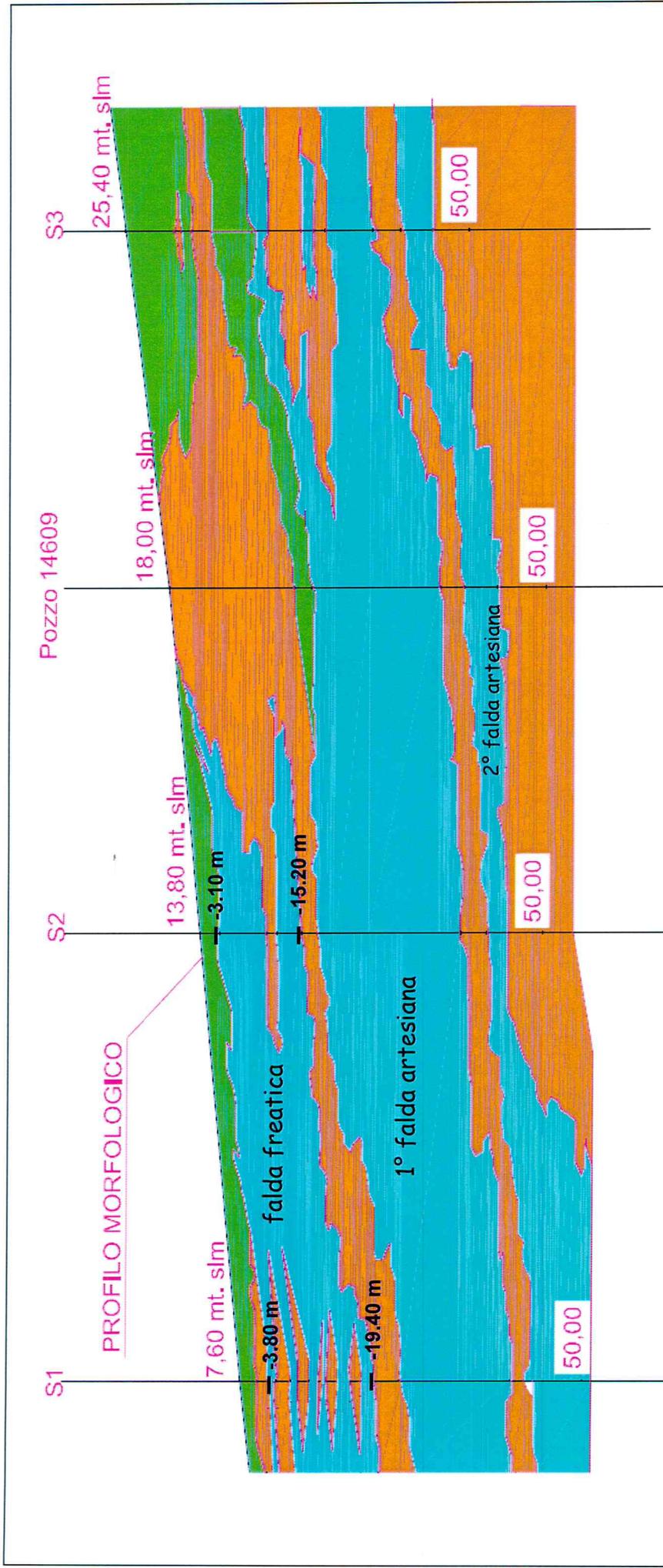
Al fine di indagare sulla continuità litologica dei livelli evidenziati con i pozzi ed i sondaggi si è ritenuto adeguato e sufficiente eseguire **6 profili tomografici** (prospezioni geoelettriche) concentrati in coincidenza delle previsioni urbanistiche di maggior rilievo (**fig. 12**). La metodologia e i risultati sono illustrati dettagliatamente nella relazione (allegata) del collega Dott. A. Casella, titolare della strumentazione. La documentazione fotografica associata illustra l'ubicazione.

Modello litologico del substrato

I dati attinti con i tre sondaggi confermano il modello litologico ricavabile con le stratigrafie dei pozzi già a disposizione. Implementando i dati (**fig. 13**) si rileva come il substrato sia costituito da uno spessore significativo a composizione prevalentemente granulare, composto da un'alternanza più o meno irregolare di sabbie, sabbie limose, limi e ghiaie, con intercalazioni discontinue di lenti coesive (limi e argille). La componente argillosa, là dove presente in maniera più significativa, sembra predominare nello spessore più superficiale. Il litotipo descritto, riconducibile alla formazione delle sabbie e ghiaie di Quadrelle, si sviluppa per circa 30 metri di spessore. Al di sotto è indagabile un orizzonte di sabbie, calcareniti e conglomerato, riconducibile alla formazione di Bibbona.

La risposta geoelettrica dei vari orizzonti (resistività) è risultata sicuramente consona alla litologia indagata. I dati ottenuti forniscono quindi un'informazione valida. Le sezioni elettrostratigrafiche allegate alla nota del collega illustrano adeguatamente il contesto litologico. La loro interpretazione litologica, dettagliata nelle sezioni stesse, può essere riassunta nelle seguenti considerazioni:

- l'assetto geolitologico che risulta nelle varie zone è tutto sommato analogo, con un substrato mediamente più resistivo, e uno strato superficiale in cui prevalgono litotipi più conduttivi; variano però sensibilmente gli spessori e gli andamenti dei vari tipi di terreno
- il conduttivo superficiale si identifica con il livello della copertura, con spessore variabile ma sempre ridotto, con dominante limo-argillosa;



SEZIONE LITOLOGICA SCHEMATICA DEL SETTORE

fig. 13 disegno non in scala

- ARGILLE Livelli Impermeabili
- SABBIE, GHIAIE, CALCARENITI e CONGLOMERATI Livelli acquiferi con acqua
- LIVELLI GRANURALI STERILI senza acqua

- i terreni resistivi sono costituiti prevalentemente da sabbie, sabbie e ghiaie e conglomerati;
- gli strati e le lenti più resistivi corrispondono a zone in cui si ha una maggiore percentuale di sabbie cementate e conglomerati, mentre le aree in cui la resistività è inferiore ai 35-40 Ωm potrebbero corrispondere ad una maggiore percentuale di sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi
- nelle zone superficiali con resistività media attorno ai 20 Ωm si ha, con buona probabilità, prevalenza di depositi fini a dominante limosa; i picchi di conduttività che si osservano in superficie nei profili 4 e 6 potrebbero evidenziare condizioni di saturazione o maggiore componente argillosa
- i livelli resistivi superficiali che si apprezzano in parte del profilo 4 e nel profilo 5 corrispondono ad una copertura a granulometria maggiore o più porosa/asciutta.

Inquadramento litotecnico

Il substrato presente è riconducibili sostanzialmente ad un litotipo **incoerente granulare**. Si tratta di un deposito prevalentemente di natura sabbiosa con un grado di addensamento variabile. Le proprietà geomeccaniche, mediamente buone, sono proporzionali alla citata densità. **Il litotipo si identifica quindi con un valido substrato di fondazione.**

Caratterizzazione geotecnica

Come già descritto, la parametrizzazione dei singoli livelli litologici interessati dalla strutture fondali dovrà essere effettuata in base alla definizione della dimensione degli interventi, sulla base della tipologia delle indagini geognostiche e del volume significativo da investigare.

In questa fase, per fornire un ordine di grandezza dei parametri geomeccanici propri del livelli più superficiali del substrato interessato dalle tensioni indotte dagli insediamenti in progetto, durante la perforazione del piezometro S3 (Podere S. Eugenio) sono state effettuate 3 prove SPT in avanzamento. Infine, per confermare l'omogeneità non solo litologica ma anche litotecnica del litotipo presente, si è ritenuto adeguato fare riferimento ai dati a disposizione dello scrivente, conseguenti alcune penetrometrie dinamiche eseguite in precedenza. Nello specifico vengono prese in esame le due

indagini effettuate in coincidenza di Via della Camminata, al margine nord del Comparto, e all'interno del Campeggio Le Capanne, al margine sud dello stesso (**fig. 12**), entrambe relative ad aree contraddistinte dalla stessa litologia di quella dell'Utoe 1B2 (formazione di Quadrelle). I diagrammi penetrometrici presi a riferimento sono allegati.

Come indicato, durante il sondaggio/piezometro S3 sono state eseguite tre penetrometrie dinamiche SPT, secondo la procedura di riferimento ISSMFE. I risultati delle prove SPT sono stati elaborati e correlati empiricamente con i parametri geotecnici del terreno ottenendo il valore della **densità relativa** (Terzaghi/Peck, 1948), il valore dell'**angolo d'attrito** efficace (Peck-Hanson-Thorburn, 1953-1974) e il **peso di volume**. Il valore del **modulo edometrico** è stato infine valutato tramite l'espressione empirica proposta da Shultze e Menzenbach(1961). I risultati sono espressi nella tabella successiva.

sondaggio	profondità	numero colpi	Nspt	densità relativa	peso di volume	angolo attrito	modulo edometrico
S3	3.00 – 3.45 mt.	9-17-19	36	71%	2.08	37°	214 kg/cmq
S3	6.00 – 6.45 mt.	14-21-23	44	79%	2.12	39°	257 kg/cmq
S3	9.00 – 9.45 mt.	11-11-19	30	65 %	2.05	36°	183 kg/cmq

La caratterizzazione geotecnica ottenuta con le penetrometrie prese a riferimento, conseguite le due indagini effettuate dallo scrivente sono espresse di seguito.

Numero medio di colpi	8 - 10
N_{SPT} corrispondente	6 - 8
Densità relativa	22% - 25%
Grado di addensamento	Sciolto
Angolo di attrito interno	28°
Coesione	0.10-0.20 Kg/cmq
Peso di volume delle terre	1.85 / 1.90 g/cmc

Risulta evidente come i parametri ottenuti con le indagini eseguite in precedenza dallo scrivente riflettano i valori inferiori. Il significato è adeguato essendo relativi ad un orizzonte litotecnico superficiale. Le proprietà geomeccaniche del litotipo sabbioso aumentano progressivamente con la profondità. Non emergono quindi condizionamenti.

La Normativa vigente (NTC) prevede la determinazione dei parametri medi (**fm**), dei parametri caratteristici (**fk**) e di quelli di progetto (**fd**). Al proposito si ritiene corretto

assumere valori cautelativi rispetto a quelli indicati. Questi, alla luce delle NTC, assumono il significato di valori caratteristici.

	fm	fk	fd – combinazione M1		fd combinazione M2	
Angolo di attrito	27° - 28°	25°	$\gamma_{\phi} = 1.0$	25°	$\gamma_{\phi} = 1.25$	20.5°
Coesione non drenata	0.10/0.20 kg/cmq	0.15 kg/cmq	$\gamma_c = 1.0$	0.15 kg/cmq	$\gamma_c = 1.4$	0.11 kg/cmq
Peso di volume	1.85/1.90 g/cmc	1.85 g/cmc	$\gamma_{\gamma} = 1.0$	1.85 g/cmc	$\gamma_{\gamma} = 1.0$	1.85 g/cmc

Classificazione sismica

A supporto dei singoli progetti esecutivi, secondo le modalità indicate dall'art. 7 del D.P.G.R. 36/R 09.07.2009 (classi di indagine) contestualmente alle necessarie indagini geognostiche, dovranno essere eseguite le opportune indagini sismiche ai fini dell'**identificazione della categoria di sottosuolo** (punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni*) e della definizione dei dati relativi agli aspetti geodinamici e alla sismicità del sito. Questo in maniera da formulare le verifiche sulla sicurezza e sulle prestazioni dell'opera con relativa valutazione degli stati limite (capitolo 2 D.M. 14.01.2008).

Ai fini della presente nota si riportano i risultati di due precedenti indagini sismiche (**fig. 12**) eseguite dallo scrivente in occasione dei due interventi citati su siti caratterizzati dallo stesso contesto litologico. In entrambi i casi è stata eseguita un'indagine sismica di tipo MASW. Questa si è articolata nella valutazione del parametro V_{s30} utilizzando una media ponderata dei valori delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri, rispetto agli spessori degli orizzonti indagati. I risultati delle due indagini sono allegati.

I valori calcolati (rispettivamente 342 m/sec e 393 m/sec) conducono ad inserire il substrato indagato al limite tra il **campo B** ed il **campo C** ovvero:

campo B = depositi di sabbie e ghiaie molto addensate, o argille molto consententi, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s (resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250$ KPa).

campo C depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Essendo i valori ottenuti prossimi al limite previsto tra i due campi (360 m/sec) si ritiene corretto equiparare il substrato al campo C. La valutazione delle varie grandezze geotecniche assumeranno pertanto un valore cautelativo e quindi sicuramente valido.

Interventi in progetto

Gli interventi edificatori si identificano in strutture organizzate su uno o due piani fuori terra. La Progettazione, pur con i distinguo derivanti dal livello solo indicativo associato ad un Piano Attuativo, ha previsto la messa in opera di fondazioni a trave rovescia di ampiezza 1.20 metri, poste alla profondità di 1.50 metri. La scelta risulta adeguata in quanto consentirà di asportare il livello di coltre alterata dagli agenti esogeni e dall'attuale attività agricola, raggiungendo il sottostante substrato intonso. La tipologia fondale consentirà inoltre di ottenere un'intercapedine areata al di sotto del primo solaio, funzionale per la struttura stessa e consentirà di elevare il piano di calpestio (là dove ritenuto necessario) fino alla quota ritenuta opportuna al fine di porre il fabbricato in sicurezza idraulica.

Inquadramento geotecnico

Come già indicato, precedentemente alla fase esecutiva dovranno essere eseguite le opportune indagini geotecniche, secondo quanto indicato dal D.M. 14.01.2008 (*Norme Tecniche per le Costruzioni*) e quelle sismiche ai fini dell'*identificazione della categoria di sottosuolo* e della definizione dei dati relativi agli aspetti geodinamici e alla sismicità del sito. Questo in maniera da formulare le verifiche sulla sicurezza e sulle prestazioni dell'opera con relativa valutazione degli stati limite (*capitolo 2 D.M. 14.01.2008*). In tale fase si procederà alla definizione della *resistenza del terreno* (Rd) in condizioni statiche e dinamiche e al calcolo dei cedimenti.

Coerentemente con quanto in precedenza, al momento non sono state eseguite le valutazioni di carattere geotecnico. Solo a livello indicativo si riportano comunque le indicazioni fornite al progettista strutturale al fine del predimensionamento delle descritte strutture fondali, eseguite seguendo le indicazioni del D.M. 14.01.2008.

Comune	Bibbona
Zona sismica (Del. G.R.T. 878 del 08.10.2012)	Zona 3 fascia C
Tipo di costruzione	2 (<i>opera ordinaria</i>)

Vita nominale (V_N)	≥ 50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso (C_U)	1.0
Periodo di riferimento (V_R - Tabella C.2.4.I)	50 anni
Categoria di sottosuolo	C
Amplificazione stratigrafica (S_s - Tab.3.2.V)	1.5
Categoria topografica (Tabella 3.2.IV)	T1
Coefficiente di amplificazione topografica (S_T)	1.0
Fattore S ($S_T \cdot S_s$)	1.5

Il valore della resistenza del terreno in condizioni statiche è stato calcolato tramite la **formula di Brinch-Hansen** (1970). I calcoli sono stati eseguiti per la fondazione a trave rovescia descritta in precedenza, sviluppando le casistiche e gli approcci introdotti dalla normativa (NTC).

Trave rovescia (B = 1.20 mt. D = 1.50 mt)				
Approccio Combinazione	Coefficiente parziale (γ_M)	Resistenza del terreno (Rd)	Coefficiente parziale (γ_R)	Capacità portante (Rd/ γ_R)
A1+M1+R1	$\gamma_\phi = 1.0 \ \gamma_c = 1.0$	4.41 kg/cmq	1.0	4.41 Kg/cmq
A2+M2+R2	$\gamma_\phi = 1.25 \ \gamma_c = 1.4$	2.62 kg/cmq	1.8	1.46 Kg/cmq
A1+M1+R3	$\gamma_\phi = 1.0 \ \gamma_c = 1.0$	4.41 kg/cmq	2.3	1.92 Kg/cmq

E' stato poi calcolato il valore della resistenza del terreno in condizioni dinamiche tramite la stessa **formula di Brinch-Hansen** adattata in funzione della sismicità del sito, mediante l'introduzione di **fattori correttivi** (z_γ , z_q e z_c) che tengono conto degli effetti inerziali (Paolucci & Pecker, 1997).

Trave rovescia (B = 1.20 mt. D = 1.50 mt)				
Approccio Combinazione	Coefficiente parziale (γ_M)	Resistenza del terreno (Rd)	Coefficiente parziale (γ_R)	Capacità portante (Rd/ γ_R)
A2+M2+R2	$\gamma_\phi = 1.25 \ \gamma_c = 1.4$	2.53 kg/cmq	1.8	1.40 Kg/cmq
A1+M1+R3	$\gamma_\phi = 1.0 \ \gamma_c = 1.0$	4.29 kg/cmq	2.3	1.86 Kg/cmq

Il potenziale cedimento totale (ΔH_{tot}) è dato dalla somma dei singoli cedimenti (ΔH_i) relativi a livelli di vario spessore (H_i), con diverso modulo edometrico (M_o), cui vengono applicate le tensioni indotte alle rispettive profondità ($\Delta \sigma$). I valori assunti per il modulo edometrico (definiti quindi *caratteristici*) sono quelli indicati nel paragrafo relativo la caratterizzazione geotecnica. Ogni singolo cedimento è calcolato per mezzo della formula $\Delta H_i = H_i \times \Delta \sigma / M_o$. Il calcolo ha prodotto i seguenti valori

	Qa = 1.86 Kg/cmq	Qa = 1.40 Kg/cmq	Qa = 1.00 Kg/cmq
ΔH	1.8 – 1.9 cm	1.3 – 1.4 cm	0.9 – 1.0 cm

In un litotipo granulare (o prevalentemente tale) sono considerati ammissibili cedimenti assoluti fino ad un valore massimo di 2.5 cm. In tale caso, infatti, anche gli eventuali cedimenti differenziali assumeranno entità compatibili con le strutture. Si evidenzia come i cedimenti assumano un valore inferiore a quello limite. La pressione normale di progetto massima (carico di esercizio) non risulta quindi condizionata dall'entità del cedimento.

Non avendo rilevato nel substrato la presenza di orizzonti litologici suscettibili di densificazione, non sono da attendersi cedimenti significativi imputabili all'azione dinamica.

Allegati

- Stratigrafia dei pozzi presi a riferimento, attinti dal data-base della Provincia di Livorno
- Stratigrafia dei piezometri
- Documentazione fotografica dei piezometri e della litologia ricavata con la loro perforazione
- Relazione esplicativa sull'indagine geoelettrica eseguita
- Diagrammi penetrometrici delle due indagini prese a riferimento
- Report e risultati delle indagini sismiche prese a riferimento

Cecina, 16.03.2016

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

Riqualificazione ambientale in ambito turistico
“Golf Costa degli Etruschi”

Indagini geologico tecniche di supporto
al Piano Attuativo

Stratigrafie pozzi Progetto Incas

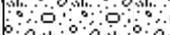
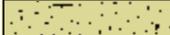
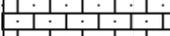
Provincia di Livorno
 Unità di Servizio 3.1

Stratigrafia del pozzo n.: 10616

Spessore	m	Strati	Descrizione
2	2.00		Terra vegetale
8	10.00		Argilla marrone
2	12.00		Ghiaia con acqua
5	17.00		Argilla marrone
26	43.00		Sasso con acqua
2	45.00		Argilla marrone

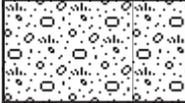
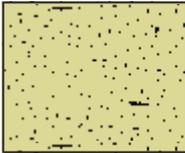
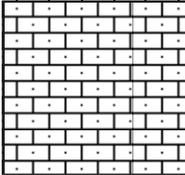
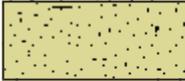
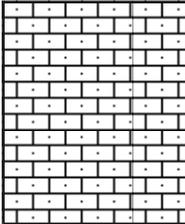
Provincia di Livorno
Unità di Servizio 3.1

Stratigrafia del pozzo n.: 13285

Spessore	m	Strati	Descrizione
1	1.00		Terreno vegetale
2	3.00		Terreno argilloso
2	5.00		Sabbia con acqua
4	9.00		Argilla
2	11.00		Sabbia con acqua
3	14.00		Argilla
1	15.00		Sabbia-arenario-acqua
6	21.00		Argilla
3	24.00		Arenario
6	30.00		Conglomerato-acqua
2	32.00		Argilla
4	36.00		Arenario-acqua
2	38.00		Argilla
7	45.00		Arenario-acqua
2	47.00		Argilla
6	53.00		Arenario-acqua-ghiaia

Provincia di Livorno
Unità di Servizio 3.1

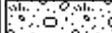
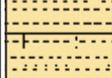
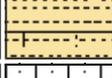
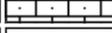
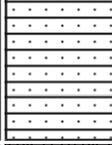
Stratigrafia del pozzo n.: 14370

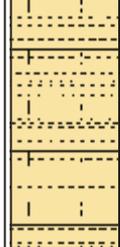
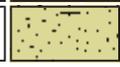
Spessore	m	Strati	Descrizione
4	4.00		Terreno vegetale
5	9.00		Argilla rossa
6	15.00		Sabbia
7	22.00		Arenaria con acqua
3	25.00		Sabbia
8	33.00		Argilla rosa
9	42.00		Arenaria con acqua
3	45.00		Argilla azzurra

Provincia di Livorno

Unità di Servizio 3.1

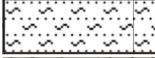
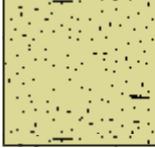
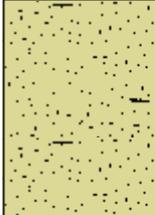
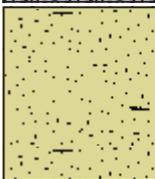
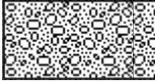
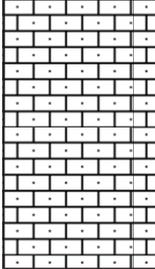
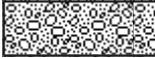
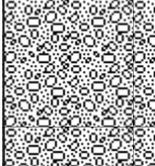
Stratigrafia del pozzo n.: 14628

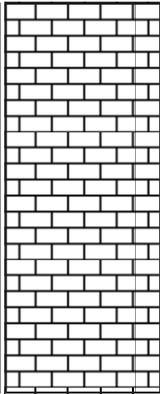
Spessore	m	Strati	Descrizione
1	1.00		Terreno vegetale
2	3.00		Argilla scura compatta
3	6.00		Argilla rossa sabbiosa impastata con ghiaia
4	10.00		Argilla gialla molto dura
3	13.00		Ghiaino impastato con argilla
1	14.00		Lastre di tufo con conchiglie e acqua
2	16.00		Conglomerato con ghiaino e acqua
4	20.00		Lastre di tufo rossastro
3	23.00		Conglomerato con ghiaino e acqua
3	26.00		Tufo con ghiaia molto sabbiosa
2	28.00		Lastre di arenaria gialla
1	29.00		Argilla gialla
7	36.00		Lastre di arenaria miste a conglomerato e acqua
2	38.00		Ghiaia gialla molto sabbiosa
4	42.00		Argilla azzurra compatta
3	45.00		Conglomerato con ghiaino e acqua
2	47.00		Argilla gialla sabbiosa
21	68.00		Lastre di tufo con sabbia granellosa

			
2	70.00		Sabbione argilloso giallo

Provincia di Livorno
Unità di Servizio 3.1

Stratigrafia del pozzo n.: 14629

Spessore	m	Strati	Descrizione
3	3.00		Suolo sabbioso
2	5.00		Limo argilloso
6	11.00		Sabbie limose
9	20.00		Sabbie fini
4	24.00		Ghiaie in cemento sabbioso
7	31.00		Sabbie fini
2	33.00		Conglomerati
3	36.00		Ghiaie ed arenarie
4	40.00		Sabbia limosa
11	51.00		Arenarie
2	53.00		Sabbie e ciottoli
7	60.00		Arenarie con ghiaie

16	76.00		Calcari sabbiosi
----	-------	---	------------------

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

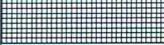
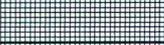
***Riqualficazione ambientale in ambito turistico
"Golf Costa degli Etruschi"***

***Indagini geologico tecniche di supporto
al Piano Attuativo***

Stratigrafia piezometri

SONDAGGIO S1 – confluenza fossi limite ovest

(7.60 mt. s.l.m.)

	Profondità	Litologia
	0.00 – 1.60 mt.	Terreno vegetale limoso sabbioso bruno
	1.60 – 2.20 mt	Calcare e calcareniti
	2.20 – 3.80 mt	Argille brune con frustoli carbonosi e calcinelli
	3.80 – 4.70 mt	Calcarenite con acqua
	4.70 – 7.00 mt	Argilla brune con frustoli carbonosi
	7.00 – 8.00 mt	Sabbie bruno arancio fini e medie limose
	8.00 – 10.00 mt	Argille avana
	10.00 – 10.50 mt	Sabbie argillose avana
	10.50 – 11.80 mt	Argille limose con clasti e calcinelli
	11.80 – 12.40 mt	Sabbie limose fini avana
	12.40 – 12.70 mt	Argille avana e grigie con clasti
	12.70 – 13.00 mt	Sabbie fini avana e ghiaia con acqua
	13.00 – 14.10 mt	Sabbie media bruno scuro con acqua
	14.10 – 15.20 mt	Sabbie con ghiaia subordinata con acqua
	15.20 – 15.70 mt	Ghiaia in matrice sabbiosa con acqua
	15.70 – 16.60 mt	Argilla avana
	16.60 – 17.00 mt	Sabbie brune con livelletti di torba con acqua
	17.00 – 18.60 mt	Sabbia con acqua
	18.60 – 19.40 mt	Sabbie avana fini con acqua
	19.40 – 20.00 mt	Argilla consistente avana chiaro
	20.00 – 23.00 mt	Argilla sabbiosa gialla con venature grigie
	23.00 – 25.00 mt	Sabbia gialla con acqua
	25.00 – 30.00 mt	Calcarenite e calcare con acqua
	30.00 – 35.00 mt	Ghiaia grossolana sciolta con acqua
	35.00 – 39.00 mt	Conglomerato e ghiaia fine con acqua
	39.00 – 41.00 mt	Argilla grigio chiaro
	41.00 – 50.00 mt	Alternanza di livelli di sabbia e di calcare con acqua

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

SONDAGGIO S1 – confluenza fossi limite ovest
(7.60 mt. s.l.m.)



Ubicazione piezometro Pz1

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

SONDAGGIO S1 – confluenza fossi limite ovest
(7.60 mt. s.l.m.)



Piezometro Pz1 – litologia 0.00 – 5.00 mt.



Piezometro Pz1 – litologia 5.00 – 10.00 mt.

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

SONDAGGIO S1 – confluenza fossi limite ovest
(7.60 mt. s.l.m.)



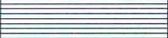
Piezometro Pz1 – litologia 10.00 – 15.00 mt.



Piezometro Pz1 – litologia 15.00 – 20.00 mt.

SONDAGGIO S2 – Podere Aia vecchia

(13.80 mt. s.l.m.)

	Profondità	Litologia
	0.00 – 0.30 mt.	Terreno limoso vegetale
	0.30 – 2.10 mt	Argille limose brune con frustoli carbonosi
	2.10 – 2.60 mt	Clasti eterogenei in matrice limo sabbiosa
	2.60 – 3.10 mt	Argille brune con screziature grigio avana
	3.10 – 10.00 mt	Ghiaia a prevalenti elementi calcarei in matrice limosa con acqua
	10.00 – 10.50 mt	Argilla
	10.50 – 12.40 mt	Sabbia arancio fine e media con acqua
	12.40 – 13.00 mt	Calcarea con acqua
	13.00 – 14.60 mt	Sabbie fine e media bruno arancio con acqua
	14.60 – 15.10 mt	Ghiaia in matrice sabbiosa con acqua
	15.10 – 17.00 mt	Argille brune consistenti
	17.00 – 17.20 mt	Sabbie fini avana con acqua
	17.20 – 17.40 mt	Calcarea con acqua
	17.40 – 18.40 mt	Sabbie fini arancio con acqua
	18.40 – 20.00 mt	Sabbie fini e medie bruno chiaro con acqua
	20.00 – 23.00 mt	Conglomerato e ghiaia con acqua
	23.00 – 26.00 mt	Calcarenite sabbiosa mista a ghiaia con acqua
	26.00 – 28.00 mt	Calcarenite avana e rossastra con acqua
	28.00 – 35.00 mt	Lastre di calcarenite mista a ghiaia con acqua
	35.00 – 38.00 mt	Ghiaia e sabbia con acqua
	38.00 – 42.00 mt	Argilla azzurra consistente
	42.00 – 45.00 mt	Conglomerato e ghiaia con acqua
	45.00 – 50.00 mt	Argilla azzurra e avana

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

SONDAGGIO S2 – Podere Aia vecchia

(13.80 mt. s.l.m.)



Ubicazione piezometro Pz2

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

SONDAGGIO S2 – Podere Aia vecchia

(13.80 mt. s.l.m.)



Piezometro Pz2 – litologia 0.00 – 5.00 mt.



Piezometro Pz2 – litologia 5.00 – 10.00 mt.

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

SONDAGGIO S2 – Podere Aia vecchia

(13.80 mt. s.l.m.)



Piezometro Pz2 – litologia 10.00 – 15.00 mt.



Piezometro Pz2 – litologia 15.00 – 20.00 mt.

SONDAGGIO S3 – PODERE EUGENIO

(25.4 mt. s.l.m.)

	Profondità	Litologia
	0.00 – 0.70 mt.	Terreno limo sabbioso vegetale
	0.70 – 1.70 mt	Limi sabbiosi avana
	1.70 – 4.00 mt	Sabbie fini limose con ciottolotti ed inclusi litici
	4.00 – 4.50 mt	Sabbia argillosa avana
	4.50 – 5.00 mt	Sabbie e ghiaia brune
	5.00 – 7.00 mt	Sabbia argillosa avana
	7.00 – 7.50 mt	Sabbie fini brune
	7.50 – 8.40 mt	Argilla brune inglobanti clasti litoidi eteromorfi
	8.40 – 9.50 mt	Sabbie fini brune
	9.50 – 10.00 mt	Argille avana con frustoli carbonosi e screziature
	10.00 – 12.60 mt	Argille avana compatte
	14.00 – 16.10 mt	Sabbie bruno arancio
	16.90 – 17.80 mt	Sabbie brune e ghiaia
	17.80 – 18.60 mt	Sabbie a grana media brune
	18.60 – 20.00 mt	Sabbie e sabbie con ghiaia con acqua
	20.00 – 25.00 mt	Argilla sabbiosa gialla
	25.00 – 28.00 mt	Arenaria calcarea mista a sabbia con acqua
	28.00 – 29.00 mt	Argilla sabbiosa gialla
	29.00 – 32.00 mt	Arenaria calcarea mista a sabbia con acqua
	32.00 – 36.00 mt	Arenaria e calcari con acqua
	36.90 – 40.00 mt	Argilla avana
	40.00 – 45.00 mt	Calcareniti miste a sabbia bruna con acqua
	45.00 – 50.00 mt	Argilla vana e bruna

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

SONDAGGIO S3 – PODERE EUGENIO

(25.4 mt. s.l.m.)



Ubicazione piezometro Pz3

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

SONDAGGIO S3 – PODERE EUGENIO

(25.4 mt. s.l.m.)



Piezometro Pz3 – litologia 0.00 – 5.00 mt.



Piezometro Pz3 – litologia 5.00 – 10.00 mt.

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

SONDAGGIO S3 – PODERE EUGENIO

(25.4 mt. s.l.m.)



Piezometro Pz3 – litologia 10.00 – 15.00 mt.



Piezometro Pz3 – litologia 15.00 – 20.00 mt.

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

Riqualificazione ambientale in ambito turistico

“Golf Costa degli Etruschi”

***Indagini geologico tecniche di supporto
al Piano Attuativo***

Tomografie geo-elettriche

Andrea Casella Geologo

studio tecnico - Piazza Berlinguer 38, 56010 Metato (San Giuliano Terme - PI)

RISULTATI DELLA CAMPAGNA
DI PROSPEZIONI GEOELETTRICHE
EFFETTUATA MEDIANTE 6 PROFILI 2D
IN LOC. "LA CALIFORNIA" (BIBBONA - LI)



Comm.te: Dr. Geol. Gianfranco Ruffini

MARZO 2010

RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI PROSPEZIONI GEOELETTRICHE EFFETTUATA MEDIANTE 6 PROFILI 2D IN LOC. "LA CALIFORNIA" (BIBBONA - LI).

PREMESSE

La presente relazione sintetizza le risultanze di un'indagine geoelettrica effettuata in un'area posta in comune di Bibbona (LI), a SW della località "La California".

La zona in oggetto è quasi pianeggiante, appena ondulata; l'indagine è stata effettuata nell'ambito di studi geologici di supporto a un progetto di piano attuativo, per fornire una ricostruzione litologica a carattere generale relativamente ad alcune aree di particolare interesse.

Questo tipo di prospezioni geofisiche consente infatti di effettuare ricostruzioni di insieme delle caratteristiche di resistività del terreno secondo profili bidimensionali, potendosi infine ricollegare le variazioni di resistività rilevate alle variazioni litologiche e di porosità/alterazione/saturazione esistenti, e rappresenta quindi un utile ausilio in diversi campi di studio ed applicativi.

Nel caso in oggetto la ricostruzione di resistività del terreno, ove correttamente interpretata, può consentire deduzioni di notevole interesse relativamente all'andamento dei vari litotipi che costituiscono il substrato delle aree in esame. L'indagine geoelettrica si affianca quindi alle indagini geognostiche di tipo diretto, consentendo di estrapolarne e in alcuni casi meglio interpretarne i risultati.

Nell'allegata cartografia scala 1:10.000 è indicata l'ubicazione dei profili geoelettrici. I profili 1, 2, 3, 4, 5 sono stati effettuati con un dispositivo costituito da 48 elettrodi con passo elettrodo di 5 m. Data la lunghezza dell'areale da indagare, per i profili 1 e 2 si è fatto ricorso alla tecnica del *roll-along*, che ha consentito di aumentare la lunghezza del profilo mantenendo invariato il passo elettrodo. Il profilo n. 6, più corto, è stato effettuato mediante un dispositivo da 46 elettrodi passo 2,5 m.

GENERALITA' SULLE INDAGINI GEOELETTRICHE

Lo scopo delle prospezioni geoelettriche è quello di ricavare informazioni relative al sottosuolo mediante una serie di misurazioni effettuate in superficie.

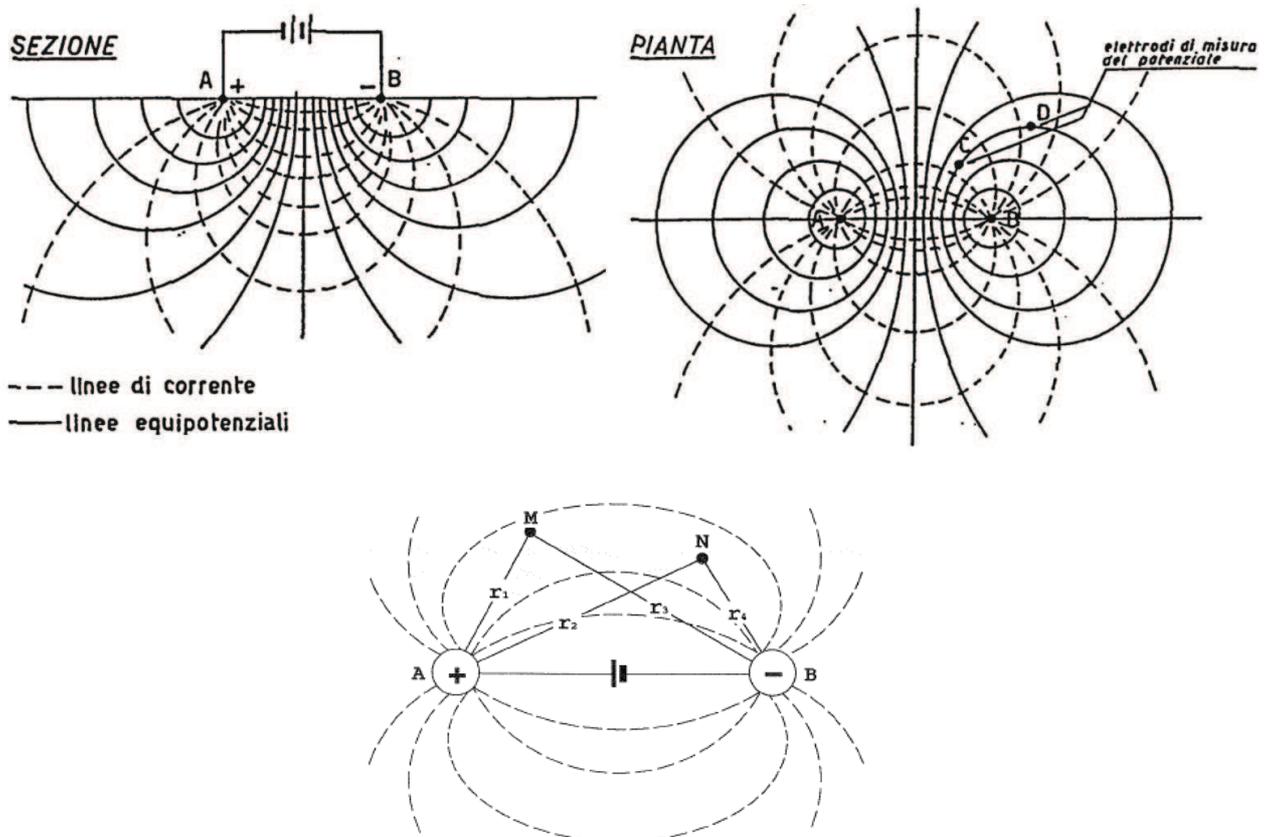
I "metodi geoelettrici" comprendono in realtà numerose metodologie di indagine che, in sintesi, si dividono in due categorie principali:

- i metodi passivi, che sfruttano le correnti naturali presenti nel sottosuolo

- i metodi attivi, che utilizzano correnti elettriche artificialmente immesse nel terreno.

Il *metodo di resistività* è quello più comunemente utilizzato. Esso prevede, in sostanza, lo studio del campo elettrico che si crea nel terreno in seguito all'immissione di una corrente, di solito continua o alternata a bassa frequenza; in questo caso la distribuzione della corrente può ritenersi regolata dalla legge di Ohm.

Se consideriamo il campo elettrico dovuto a due elettrodi di immissione di corrente, A (positivo) e B (negativo), collegati mediante un generatore di corrente continua, è possibile calcolare la differenza di potenziale che viene a determinarsi in due punti M ed N per effetto delle sorgenti A e B, e quindi la differenza di potenziale ΔV complessiva tra M ed N che deriva dal fluire della corrente da A a B.



La differenza di potenziale complessiva fra M ed N è data da

$$\Delta V = \Delta V_{MN}^A - \Delta V_{MN}^B = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right]$$

In base a questa relazione è possibile calcolare la resistività ρ :

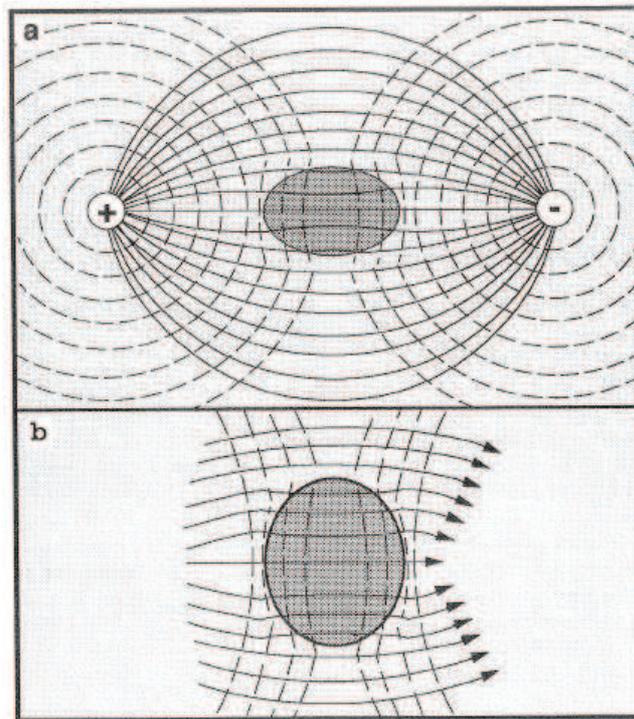
$$\rho = \frac{\Delta V}{I} 2\pi \frac{1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}}$$

e, inserendo il coefficiente geometrico K, si ha:

$$\rho = (\Delta V/I) K$$

Se la differenza di potenziale ΔV viene misurata in Volt, la Corrente I in Ampere e le varie distanze r_i in metri, la resistività ρ è in $\Omega \times m$.

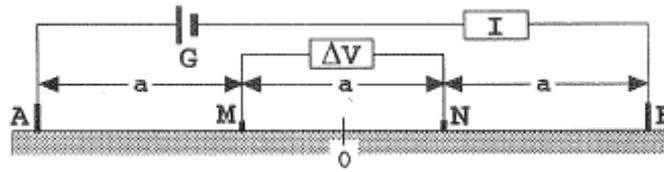
Dato che il sottosuolo non è in genere elettricamente omogeneo ed isotropo, il valore di ρ che si determina è condizionato dalla distribuzione del potenziale, che risulta diversa rispetto a quanto si avrebbe per terreno omogeneo.



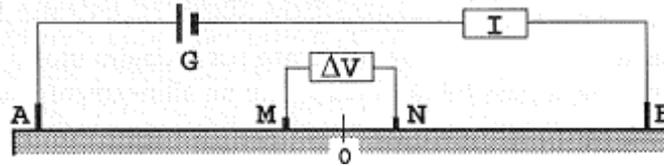
Il valore di resistività misurato in condizioni reali è la resistività apparente (ρ_a). Il passaggio dalla resistività apparente a quella reale del terreno è il processo di inversione, cioè la determinazione di un modello del terreno coerente con le misurazioni sperimentali. Tale processo è quindi di fondamentale importanza nell'elaborazione di una prospezione geoelettrica.

A partire dalla relazione con la quale si calcola la resistività apparente per la disposizione generica di 4 elettrodi sul terreno, si perviene a formule più schematiche se andiamo a considerare particolari disposizioni elettrodiche, di solito simmetriche.

Fra le disposizioni più utilizzate, si hanno l'array *Wenner*



e lo Schlumberger



La seguente tabella riporta le configurazioni elettrode di uso più comune, con i relativi coefficienti geometrici.

<p>a). Wenner Alpha</p> <p>C1 P1 P2 C2</p> <p>• ← a → • ← a → • ← a → •</p> <p>$k = 2 \pi a$</p>	<p>b). Wenner Beta</p> <p>C2 C1 P1 P2</p> <p>• ← a → • ← a → • ← a → •</p> <p>$k = 6 \pi a$</p>
<p>c). Wenner Gamma</p> <p>C1 P1 C2 P2</p> <p>• ← a → • ← a → • ← a → •</p> <p>$k = 3 \pi a$</p>	<p>d). Pole - Pole</p> <p>C1 P1</p> <p>• ← a → •</p> <p>$k = 2 \pi a$</p>
<p>e). Dipole - Dipole</p> <p>C2 C1 P1 P2</p> <p>• ← a → • ← na → • ← a → •</p> <p>$k = \pi n(n+1)(n+2) a$</p>	<p>f). Pole - Dipole</p> <p>C1 P1 P2</p> <p>• ← na → • ← a → •</p> <p>$k = 2 \pi n(n+1) a$</p>
<p>g). Wenner - Schlumberger</p> <p>C1 P1 P2 C2</p> <p>• ← na → • ← a → • ← na → •</p> <p>$k = \pi n(n+1) a$</p>	<p>h). Equatorial Dipole - Dipole</p> <p>C2 P2</p> <p>↑ ↑</p> <p>• •</p> <p>← →</p> <p>a a</p> <p>↓ ↓</p> <p>C1 P1</p> <p>$b = na$</p> <p>$k = 2 \pi b L / (L - b)$</p> <p>$L = (a * a + b * b)^{0.5}$</p>

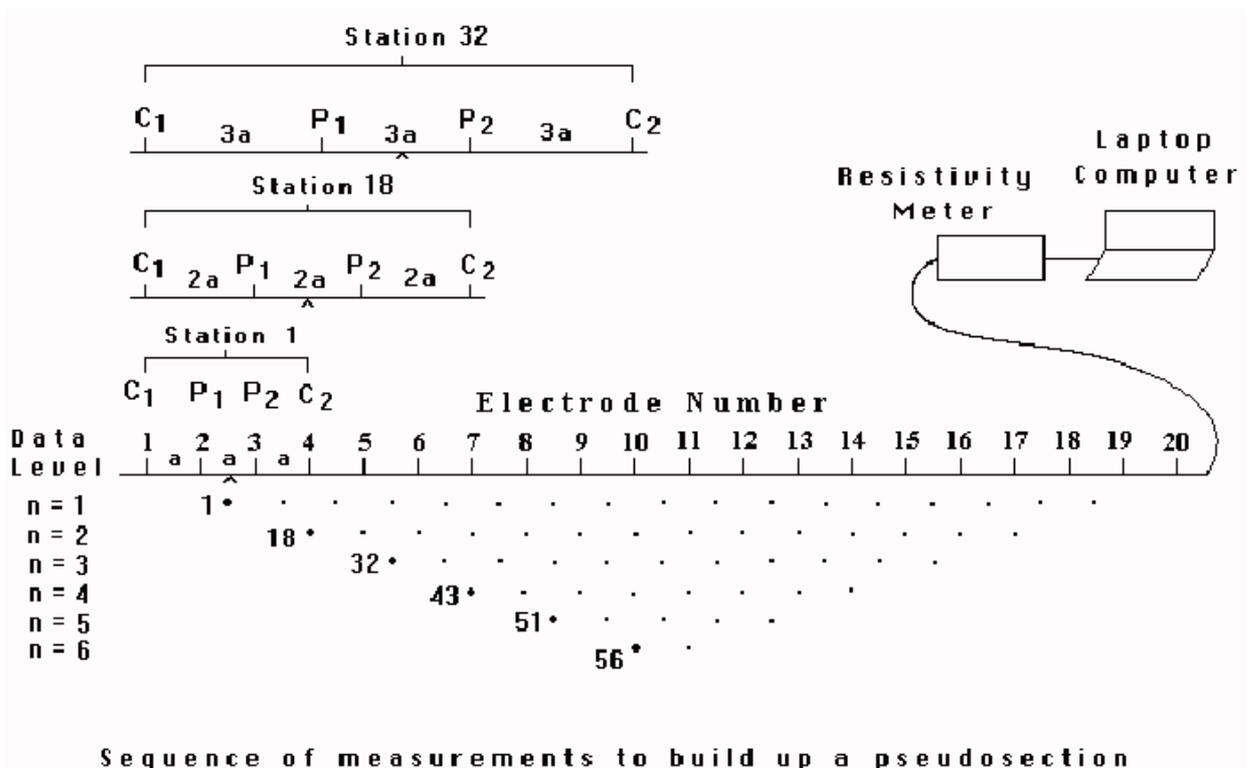
$k = \text{Geometric Factor}$

Le moderne metodologie di prospezione ed elaborazione dei dati consentono di effettuare prospezioni geoelettriche 2D e 3D, utilizzando anche configurazioni elettrode complesse. In questi casi si possono ricavare modelli bidimensionali, nei quali possono apprezzarsi variazioni di resistività non solo in senso verticale (come nei SEV), ma anche

lungo il profilo di sondaggio (caso 2D), o modelli tridimensionali che permettono di valutare le variazioni di resistività in un *volume* di terreno.

Queste prospezioni geoelettriche vengono eseguite effettuando numerose misurazioni di resistività apparente mediante quadripoli disposti lungo profili (2D) o aree di indagine (3D), utilizzando un certo numero di elettrodi (di solito almeno 48, ma in alcuni casi 72, 96 o anche più) di solito equispaziati lungo la linea di indagine, che possono essere comandati da un georesistivimetro programmabile, in modo che gli stessi possano di volta in volta operare in immissione di corrente (A, B) o in misurazione del potenziale (M, N).

Il seguente è lo schema di una prospezione geoelettrica 2D eseguita utilizzando 20 elettrodi, mediante il dispositivo *Wenner* (tratto da *M.H. Loke* – 1997/2001).



La sequenza e lo schema delle misurazioni dipende dal tipo di dispositivo utilizzato. Traslando il dispositivo lungo la linea di sondaggio si effettuano tutte le misurazioni relative a una distanza interelettrodica "a", poi quelle relative a "2a", "3a", e così via fino a completare tutte le possibili misurazioni, il cui numero è tanto maggiore, per una data lunghezza totale di stendimento, quanto più il passo "a" è piccolo.

Al termine l'insieme dei valori di resistività apparente ottenuti viene diagrammato in "pseudosezioni". Nel "contouring" delle pseudosezioni, di solito il punto in cui viene proiettato il valore di resistività apparente corrisponde, orizzontalmente, al punto centrale del set di elettrodi cui si riferisce la misura stessa; verticalmente il punto è proiettato, convenzionalmente, a una distanza proporzionale alla distanza tra gli elettrodi, tenendo

presente anche il dispositivo elettrodico impiegato e la relativa *funzione di sensibilità*.

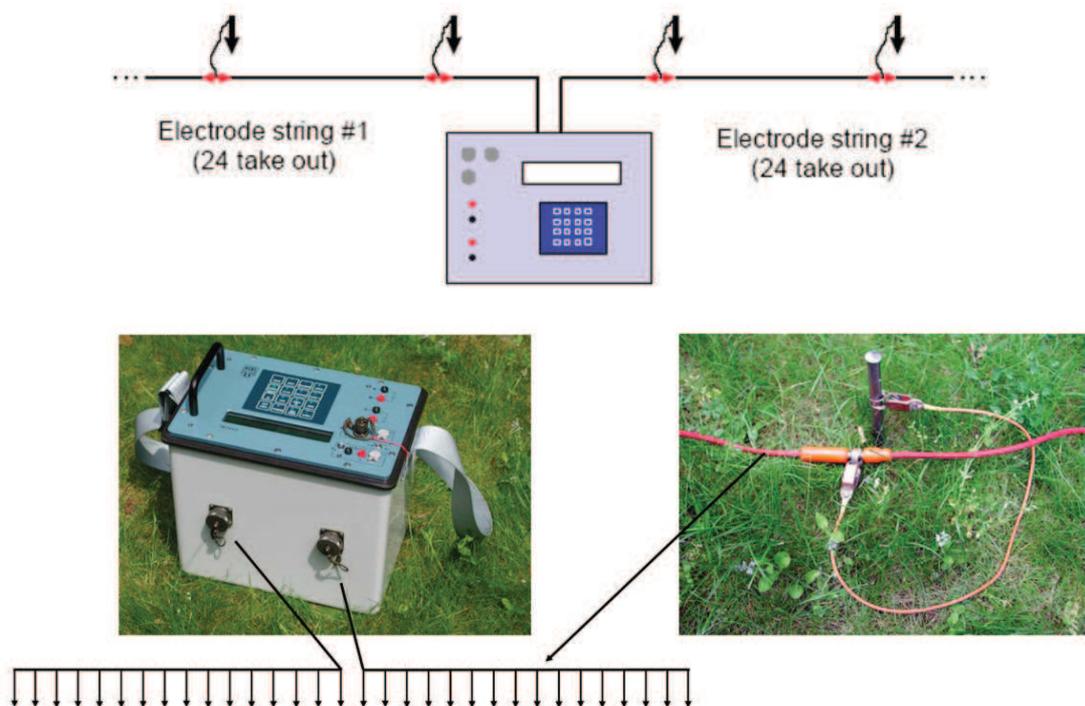
La pseudosezione fornisce un'immagine approssimata e distorta della resistività del terreno. Con l'ausilio di appositi software di inversione è possibile, a partire dall'insieme di dati ottenuti, ottenere un modello di resistività reale.

Il software utilizzato in questo caso è il *RES2DINV* (vers. 3.51) della *Geotomo Software*; esso è in grado di determinare un modello di resistività bidimensionale per il terreno a partire dai dati ottenuti da un profilo di resistività.

Elaborando i valori di resistività apparente calcolati viene tracciata una pseudosezione; la routine di inversione è poi condotta mediante un metodo di ottimizzazione ai minimi quadrati, non lineare, in cui si può intervenire operando su diversi parametri, in modo da ottimizzare l'interpretazione alla situazione reale, e al tipo di dati ottenuti. E' possibile operare sul dataset eliminando i dati affetti da errore, sia a monte del procedimento di inversione sia successivamente alla stessa.

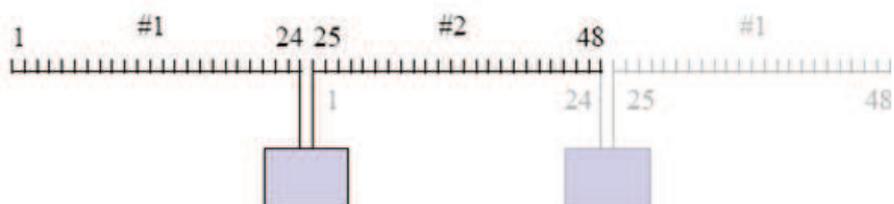
Il modello 2D utilizzato dal programma di inversione è costituito da un certo numero di blocchi rettangolari, la disposizione dei quali è strettamente legata alla distribuzione dei punti di misura nella pseudosezione.

Per le prospezioni in oggetto è stato utilizzato un georesistivimetro *Syscal R1+ Switch 48* della *Iris Instrument*, dotato di convertitore di potenza interno (200 W, 600 V max), e attrezzato con due rotoli di multicavo a 24 mandate, in modo da poter gestire 48 elettrodi utilizzabili indifferentemente come punti di immissione di corrente e di misura della differenza di potenziale.



PROSPEZIONE IN OGGETTO

L'indagine si è basata sull'esecuzione di 6 profili di resistività 2D, dei quali il n. 1 e il n. 2 articolati in 2 sondaggi, secondo la metodologia del *roll-along*.



Lungo tutti i profili in oggetto sono state effettuate misurazioni utilizzando l'array *Wenner-Schlumberger*, che ha una buona sensibilità sia in senso orizzontale che verticale e un buon rapporto s/r. Le caratteristiche delle prospezioni sono le seguenti:

PROFILI 1a / 1b / 2a / 2b / 3 / 4 / 5	
lunghezza	235,0 m
num. elettrodi	48
passo elettrodico	5,0 m
num. letture array Wenner	360 su 15 livelli di misura
num. letture array Schlumberger	553 su 25 livelli di misura

PROFILO 6	
lunghezza	112,5 m
num. elettrodi	46
passo elettrodico	2,5 m
num. letture array Wenner	330 su 15 livelli di misura
num. letture array Schlumberger	504 su 24 livelli di misura

Profilo 1a - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = ½ spaziatura elettr.
model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 2,60 - max 44,9
errore sull'inversione	6 iteraz. - 0,43 %
ρ	min. 12,01 - max 50,18 Ω m

Profilo 1b - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = ½ spaziatura elettr.
model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 2,60 - max 44,9
errore sull'inversione	6 iteraz. - 0,42 %
ρ	min. 11,02 - max 56,86 Ω m

Profilo 2a - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = ½ spaziatura elettr.

model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 2,60 - max 44,9
errore sull'inversione	6 iteraz. - 0,51 %
ρ	min. 5,80 - max 80,85 Ωm

Profilo 2b - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = $\frac{1}{2}$ spaziatura elettr.
model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 2,60 - max 44,9
errore sull'inversione	6 iteraz. - 0,62 %
ρ	min. 15,75 - max 78,16 Ωm

Profilo 3 - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = $\frac{1}{2}$ spaziatura elettr.
model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 2,60 - max 44,9
errore sull'inversione	6 iteraz. - 0,75 %
ρ	min. 7,31 - max 49,16 Ωm

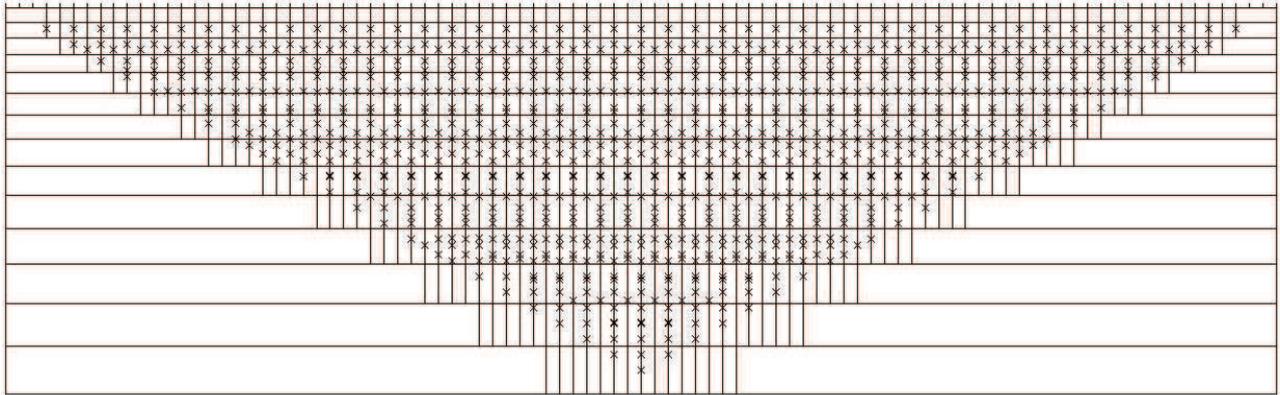
Profilo 4 - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = $\frac{1}{2}$ spaziatura elettr.
model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 2,60 - max 44,9
errore sull'inversione	6 iteraz. - 0,48 %
ρ	min. 7,55 - max 73,14 Ωm

Profilo 5 - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = $\frac{1}{2}$ spaziatura elettr.
model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 2,60 - max 44,9
errore sull'inversione	6 iteraz. - 0,71 %
ρ	min. 10,43 - max 96,54 Ωm

Profilo 6 - elaborazione Wenner-Schlumberger	
opzione <i>model refinement</i>	largh. blocchi = $\frac{1}{2}$ spaziatura elettr.
model blocks	870
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	913
pseudodepth	min. 1,30 - max 21,5
errore sull'inversione	6 iteraz. - 1,39 %
ρ	min. 1,29 - max 54,51 Ωm

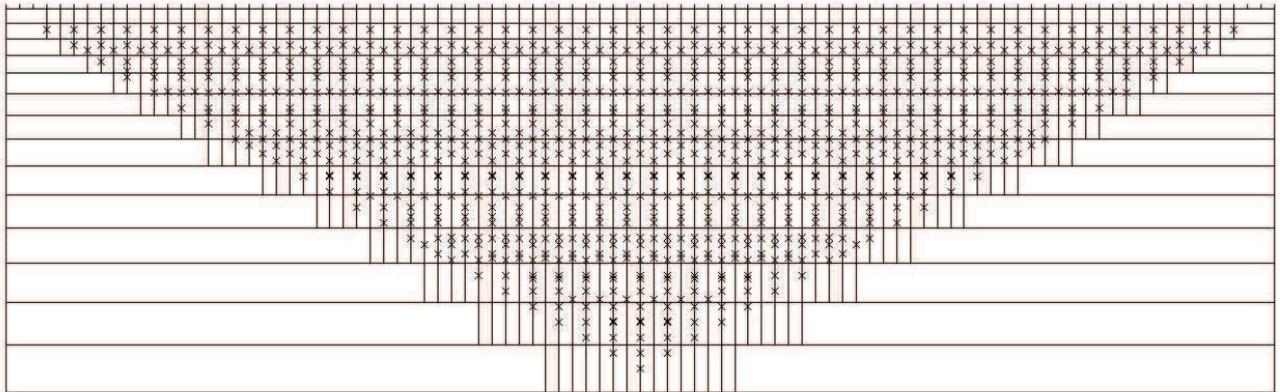
I seguenti sono gli schemi dei modelli a blocchi utilizzati per l'inversione dei dati:

2D survey n.1a loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



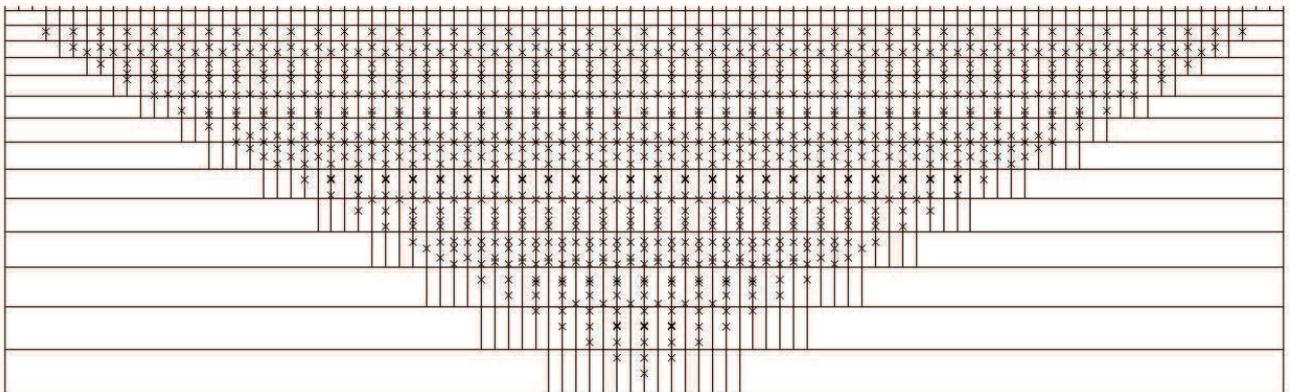
Model block Number of model blocks 870
× Datum point Number of datum points 913
Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 2.50 m.
Minimum pseudodepth is 2.60. Maximum pseudodepth is 44.9.
Number of electrodes is 95.

2D survey n.1b loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



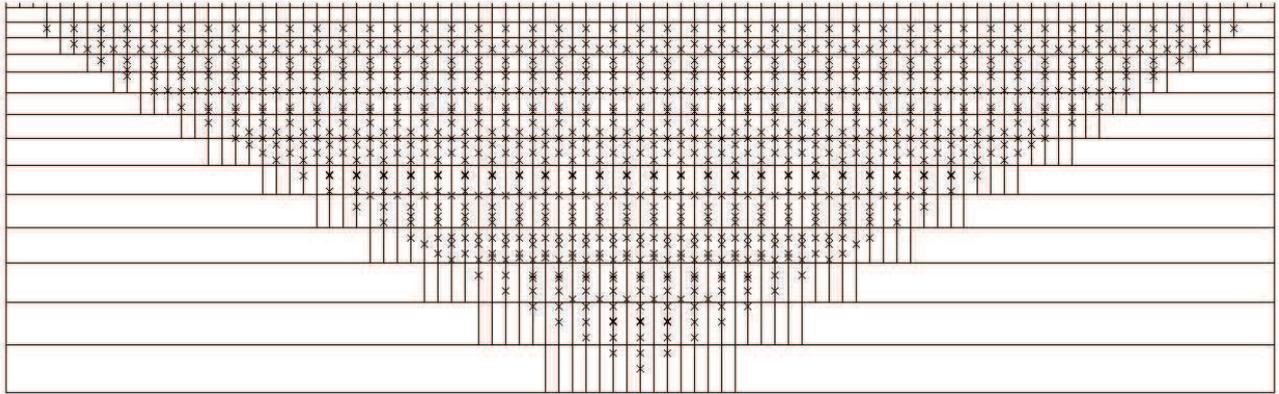
Model block Number of model blocks 870
× Datum point Number of datum points 913
Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 2.50 m.
Minimum pseudodepth is 2.60. Maximum pseudodepth is 44.9.
Number of electrodes is 95.

2D survey n.2a loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



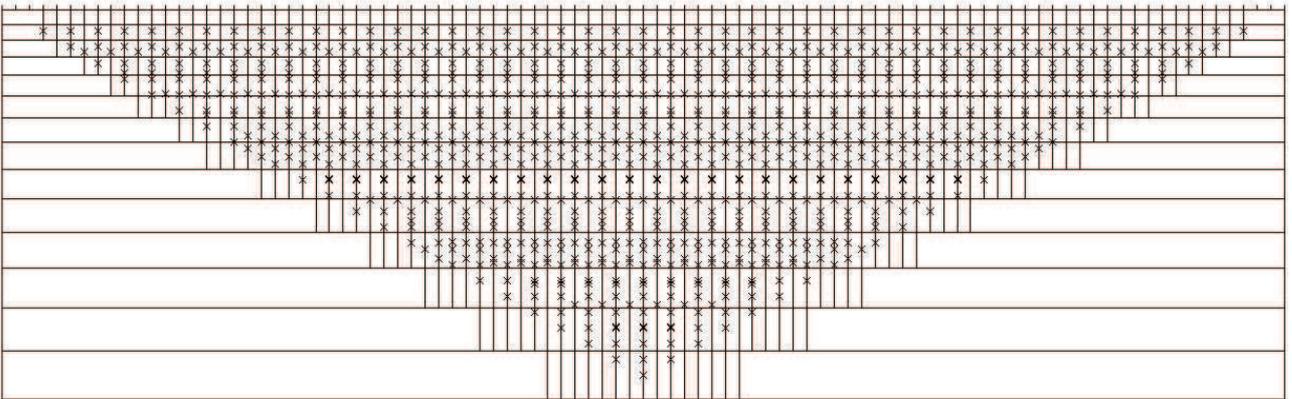
Model block Number of model blocks 870
× Datum point Number of datum points 913
Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 2.50 m.
Minimum pseudodepth is 2.60. Maximum pseudodepth is 44.9.
Number of electrodes is 95.

2D survey n.2b loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



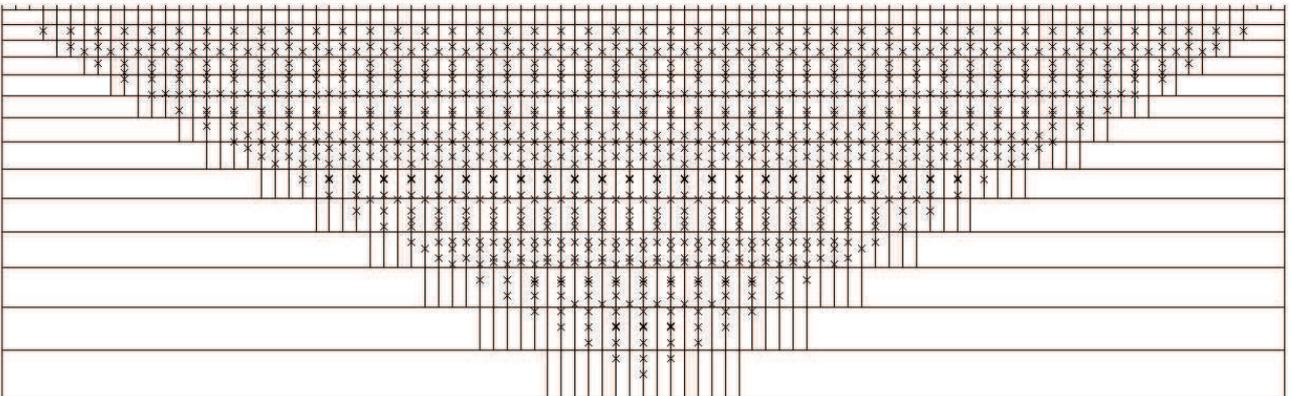
Model block Number of model blocks 870
 Datum point Number of datum points 913
 Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 2.50 m.
 Minimum pseudodepth is 2.60. Maximum pseudodepth is 44.9.
 Number of electrodes is 95.

2D survey n.3 loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



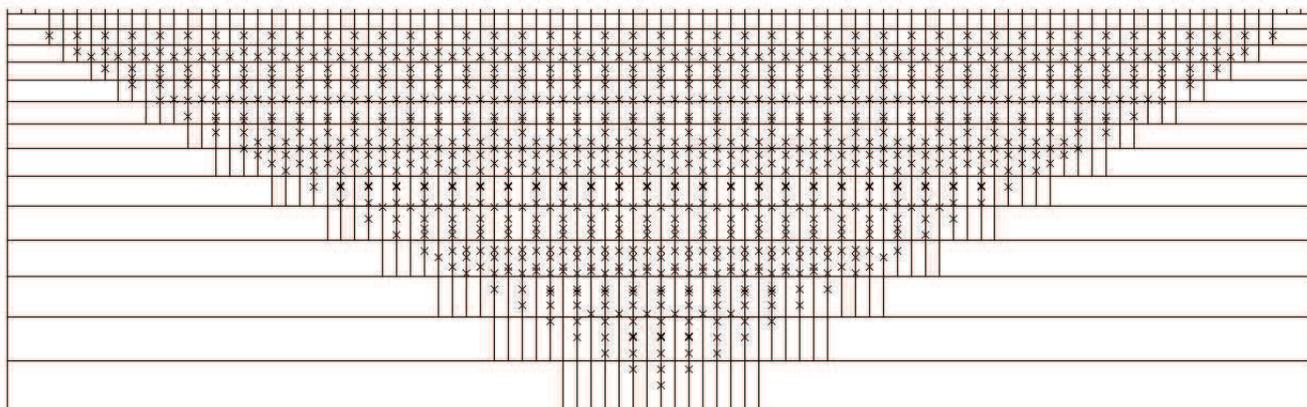
Model block Number of model blocks 870
 Datum point Number of datum points 913
 Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 2.50 m.
 Minimum pseudodepth is 2.60. Maximum pseudodepth is 44.9.
 Number of electrodes is 95.

2D survey n.4 loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



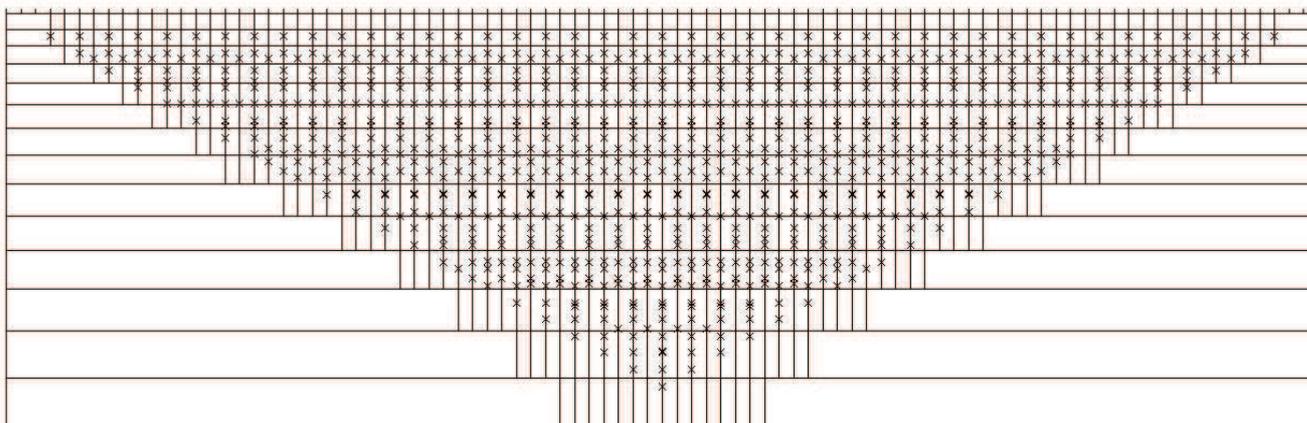
Model block Number of model blocks 870
 Datum point Number of datum points 913
 Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 2.50 m.
 Minimum pseudodepth is 2.60. Maximum pseudodepth is 44.9.
 Number of electrodes is 95.

2D survey n.5 loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



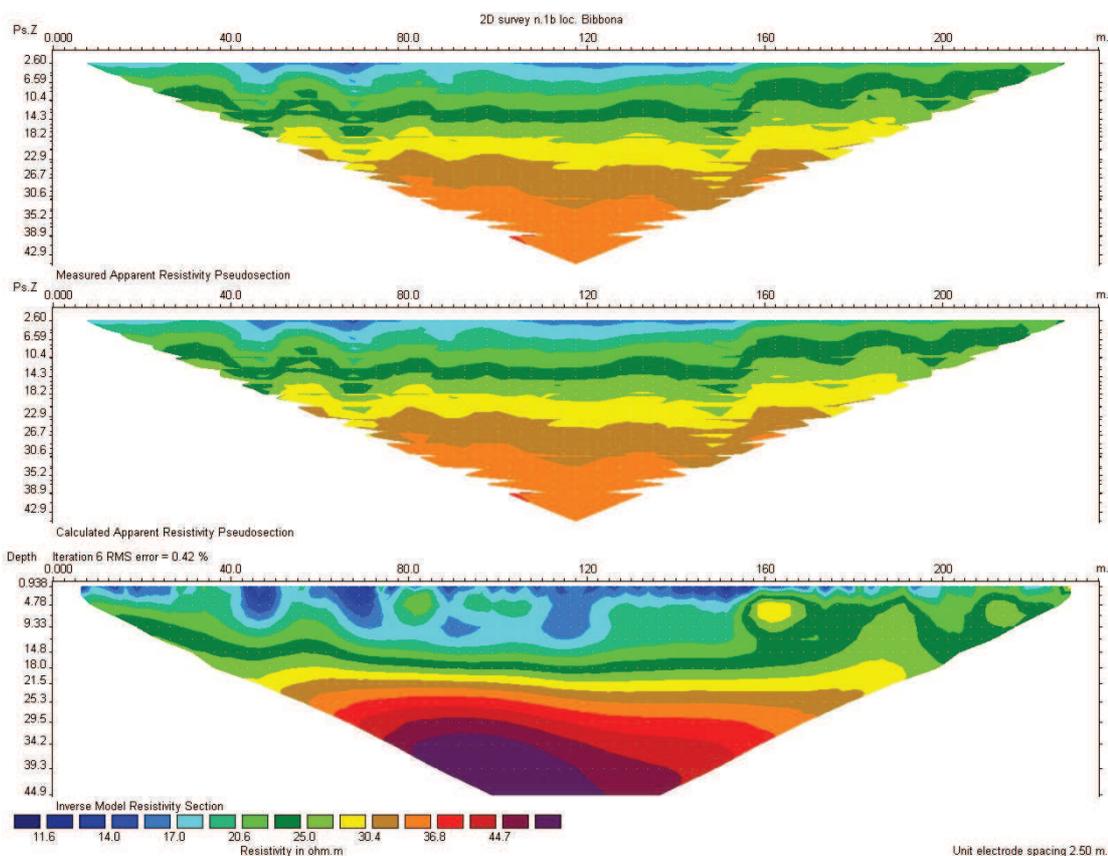
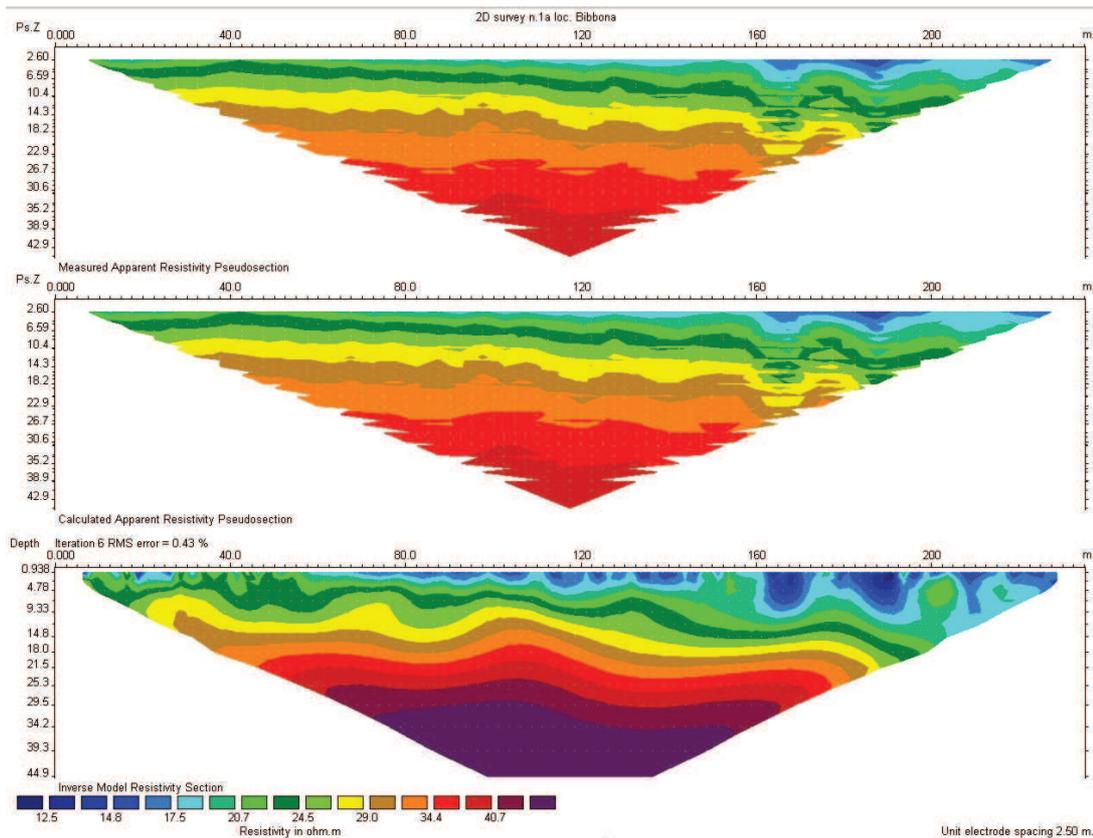
Model block Number of model blocks 870
 Datum point Number of datum points 913
 Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 2.50 m.
 Minimum pseudodepth is 2.60. Maximum pseudodepth is 44.9.
 Number of electrodes is 95.

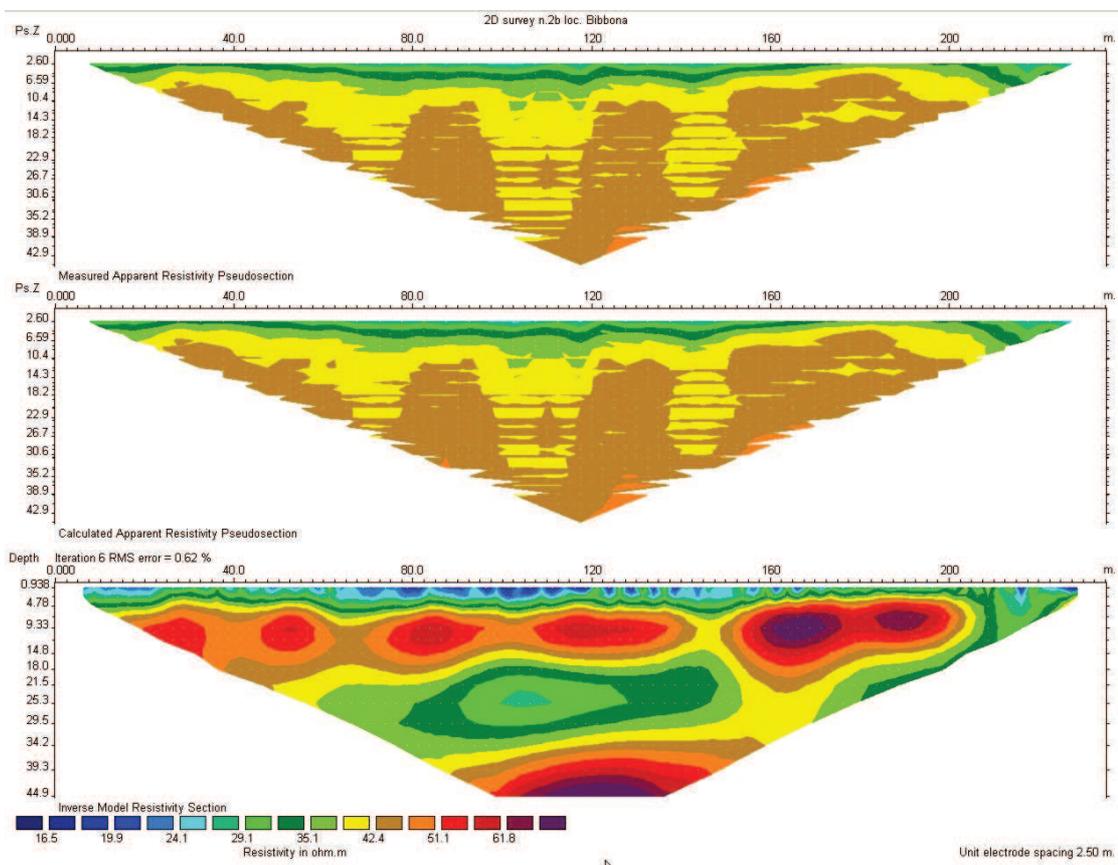
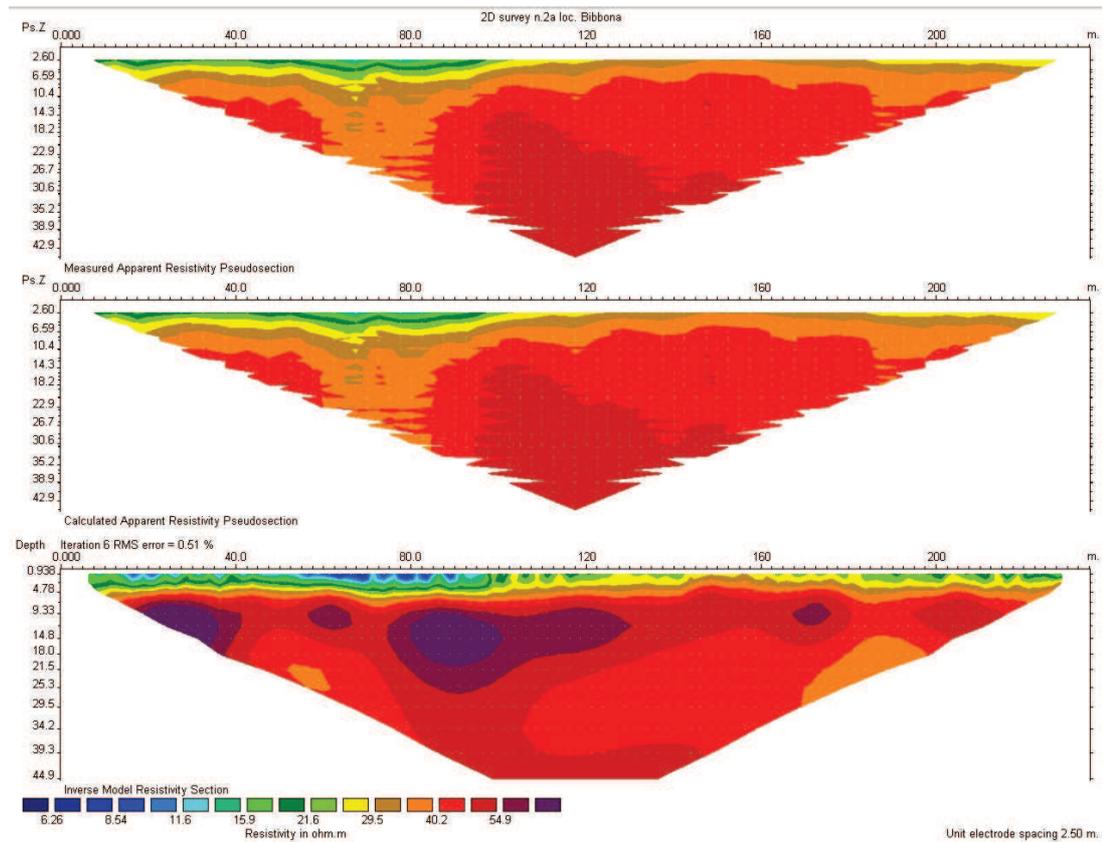
2D survey n.6 loc. Bibbona
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS

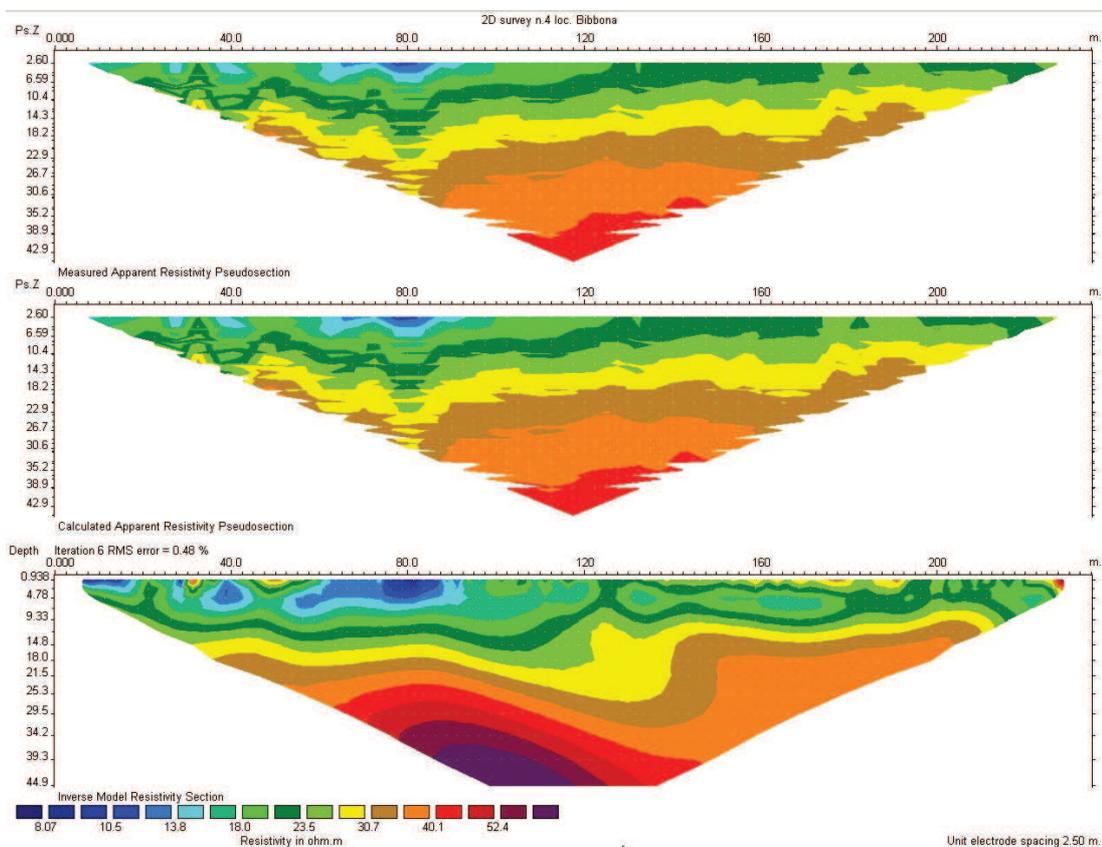
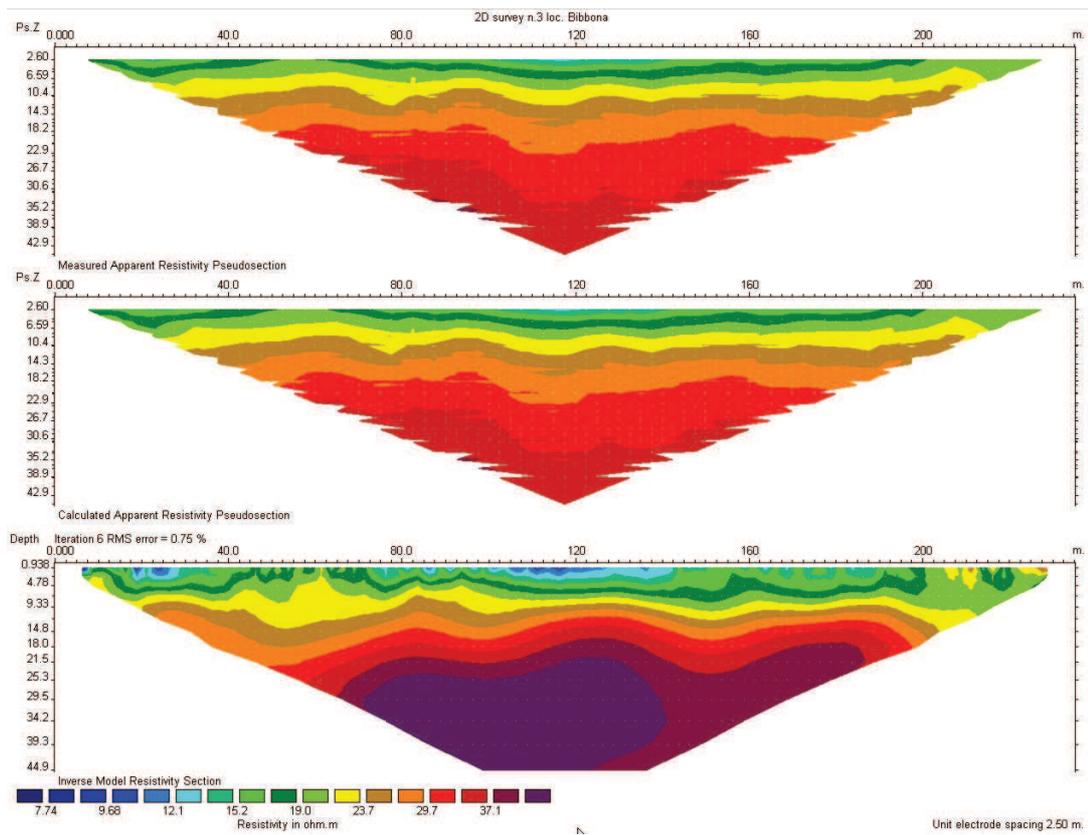


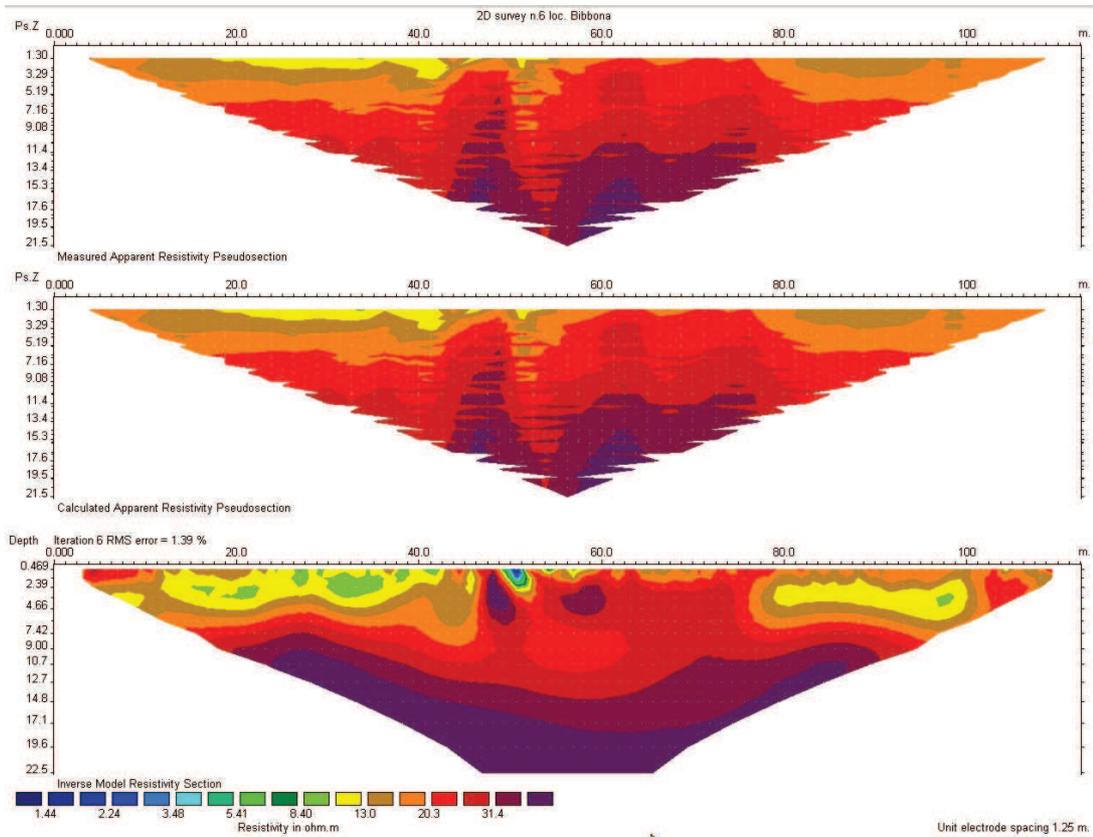
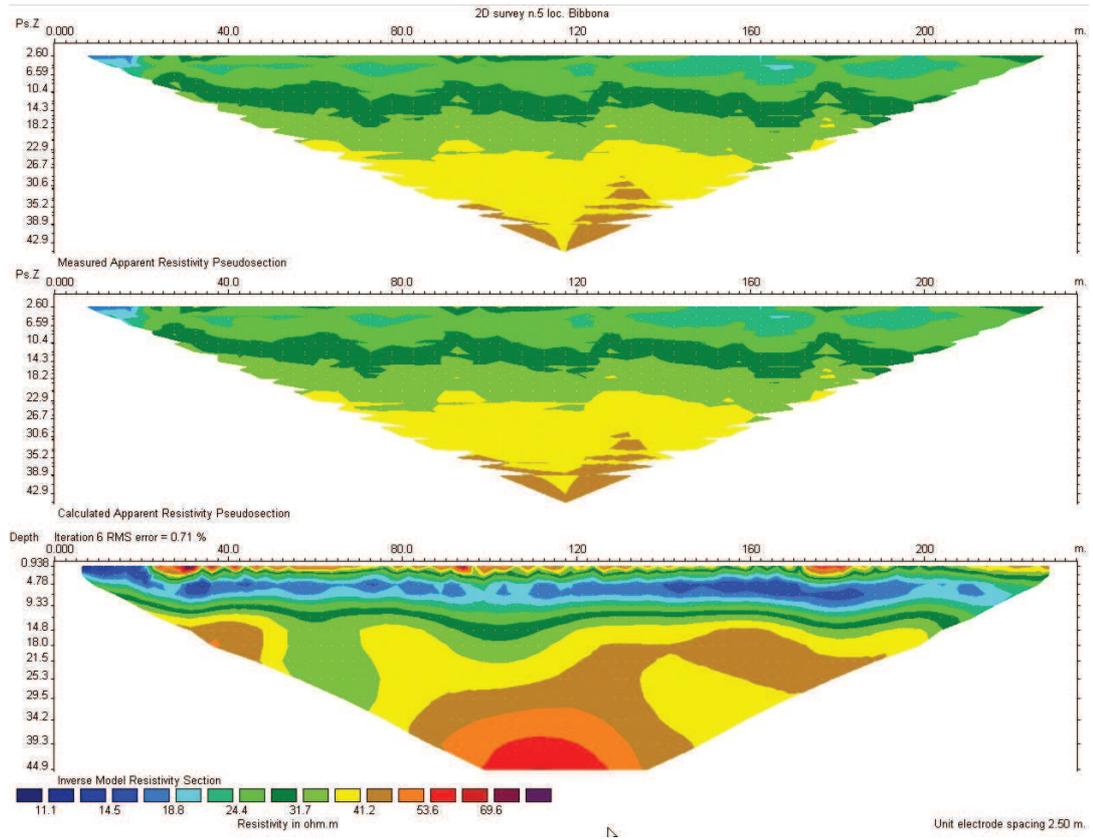
Model block Number of model blocks 818
 Datum point Number of datum points 834
 Number of model layers is 14 Unit electrode spacing 1.25 m.
 Minimum pseudodepth is 1.30. Maximum pseudodepth is 21.5.
 Number of electrodes is 91.

I seguenti sono invece i grafici relativi alle pseudosezioni e ai modelli ottenuti:









Tali grafici si riferiscono, dall'alto verso il basso, a:

- a) pseudosezione di resistività apparente *rilevata* dai dati di campagna;
- b) pseudosezione di resistività apparente *calcolata* in base al modello;
- c) modello di resistività del terreno ottenuto dall'inversione.

Sono state effettuate leggere correzioni topografiche in funzione delle quote relative dei vari elettrodi.

L'errore sull'inversione è molto contenuto in tutti i casi. Non è stato necessario eliminare misure affette da errore utilizzando le procedure messe a disposizione dal software sia in fase pre- che post-inversione.

E' stata redatta una tavola di insieme in cui sono riunite le sezioni elettrostratigrafiche, plottate con una comune scala di resistività, e una stessa scala lunghezze/altezze. Nella tavola in oggetto si osserva quanto segue:

- L'assetto geolitologico che risulta nelle varie zone è tutto sommato analogo, con un substrato mediamente più resistivo, e uno strato superficiale in cui prevalgono litotipi più conduttivi. Variano però sensibilmente gli spessori e gli andamenti dei vari tipi di terreno.
- Nel profilo n. 1 la copertura più conduttiva presenta una maggiore potenza fra i 120 m di 1a ed i 160 di 1b; al di sotto si ha uno strato a resistività intermedia, e quindi terreni più resistivi, il cui tetto sembra avere un andamento piuttosto regolare.
- Nel profilo n. 2 la copertura conduttiva è assente o di spessore molto modesto; nell'ambito del substrato resistivo si distinguono strati in cui la ρ assume valori massimi, e un livello leggermente meno resistivo, che si apprezza bene nel profilo 2b.
- Il profilo n. 3 ha andamento regolare, con un primo strato conduttivo, strati a resistività intermedia e un substrato resistivo che presenta andamento piuttosto omogeneo; nell'ambito dello strato superficiale la parte più conduttiva non ha spessore del tutto uniforme; esso si riduce infatti nella zona fra i 40 ed i 70 m e in quella oltre i 200 m.
- Il profilo n. 4 evidenzia un andamento analogo, ma con maggiori variazioni di resistività sia in superficie (dove nella zona fino ai 120 m è maggiore lo spessore del conduttivo) sia in profondità, dove si evidenzia un massimo di resistività, in profondità, centrato sui 90-110 m circa del profilo; si ha poi una sottile copertura resistiva fra i 140 ed i 190 m circa.
- Nel vicino profilo n. 5 l'andamento è simile alla parte finale del n. 4, ma con una maggiore evidenza del livello resistivo in superficie. Lo spessore del conduttivo sembra relativamente costante, e nel substrato resistivo si hanno modeste variazioni sia in senso verticale che laterale; in profondità sembra individuarsi un picco di resistività.
- Il profilo n. 6 evidenzia più intensi minimi di resistività nell'ambito dei terreni superficiali,

fatta eccezione per la zona sul retro del fabbricato principale, dove si ha un resistivo superficiale che potrebbe essere legato (almeno in parte) alla presenza di riporto. Il passaggio tra strato conduttivo superficiale e il substrato più resistivo presenta alcune ondulazioni.

Un tentativo di interpretazione litologica può essere effettuato considerando:

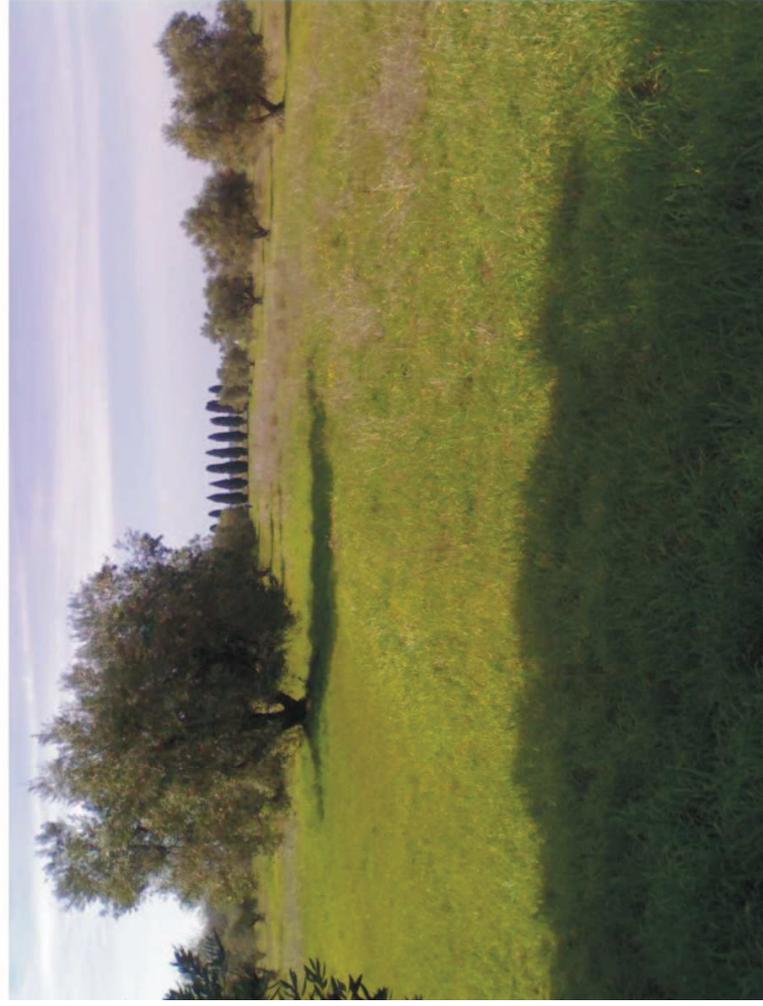
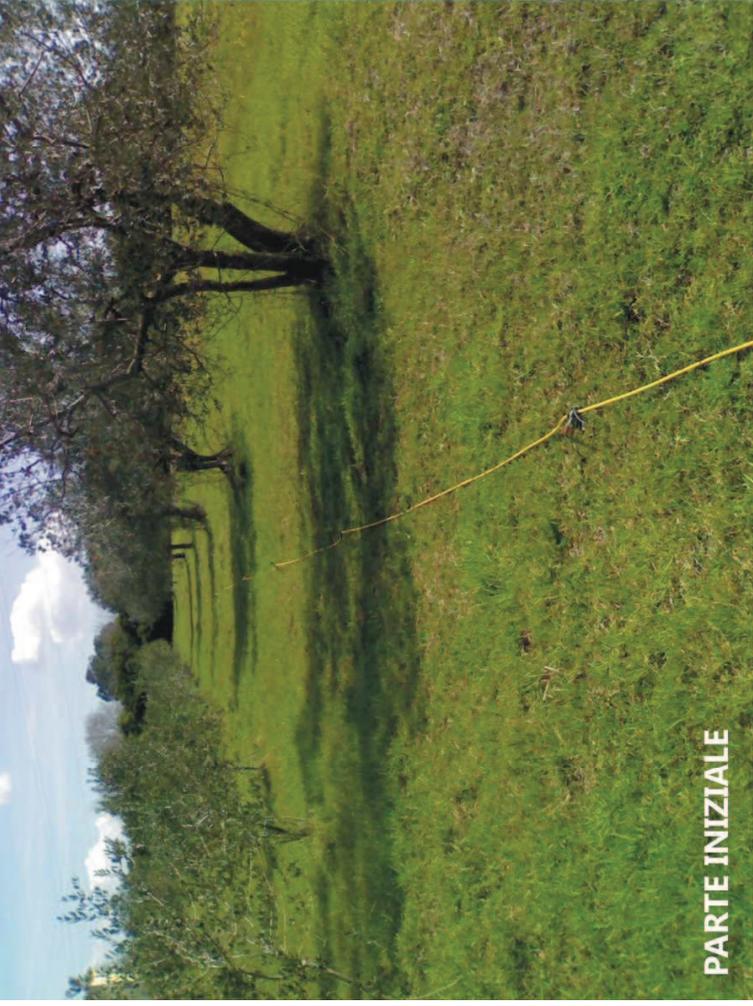
- il conduttivo superficiale come copertura a dominante limo-argillosa;
- i terreni resistivi costituiti prevalentemente da sabbie, sabbie e ghiaie e conglomerati; presumibilmente gli strati e le lenti più resistive corrispondono a zone in cui si ha una maggiore percentuale di sabbie cementate e conglomerati, mentre le aree in cui la resistività è inferiore ai 35-40 Ωm potrebbero corrispondere a una maggiore percentuale di sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi.
- Nelle zone superficiali con resistività media attorno ai 20 Ωm si ha, con buona probabilità, prevalenza di depositi fini a dominante limosa; i picchi di conduttività che si osservano in superficie nei profili 4 e 6 potrebbero evidenziare condizioni di saturazione o maggiore componente argillosa.
- I livelli resistivi superficiali che si apprezzano in parte del profilo 4 e nel profilo 5 dovrebbero corrispondere a una copertura a granulometria maggiore o più porosa/asciutta.

ALLEGATI FUORI TESTO :

- Ubicazione profili geoelettrici su base 1:10.000
- Documentazione fotografica (1, 2, 3, 4/5, 6)
- Tabulati misure di campagna
- Sezioni elettrostratigrafiche con note interpretative

San Giuliano T.me, 19/03/2010







PARTE INIZIALE



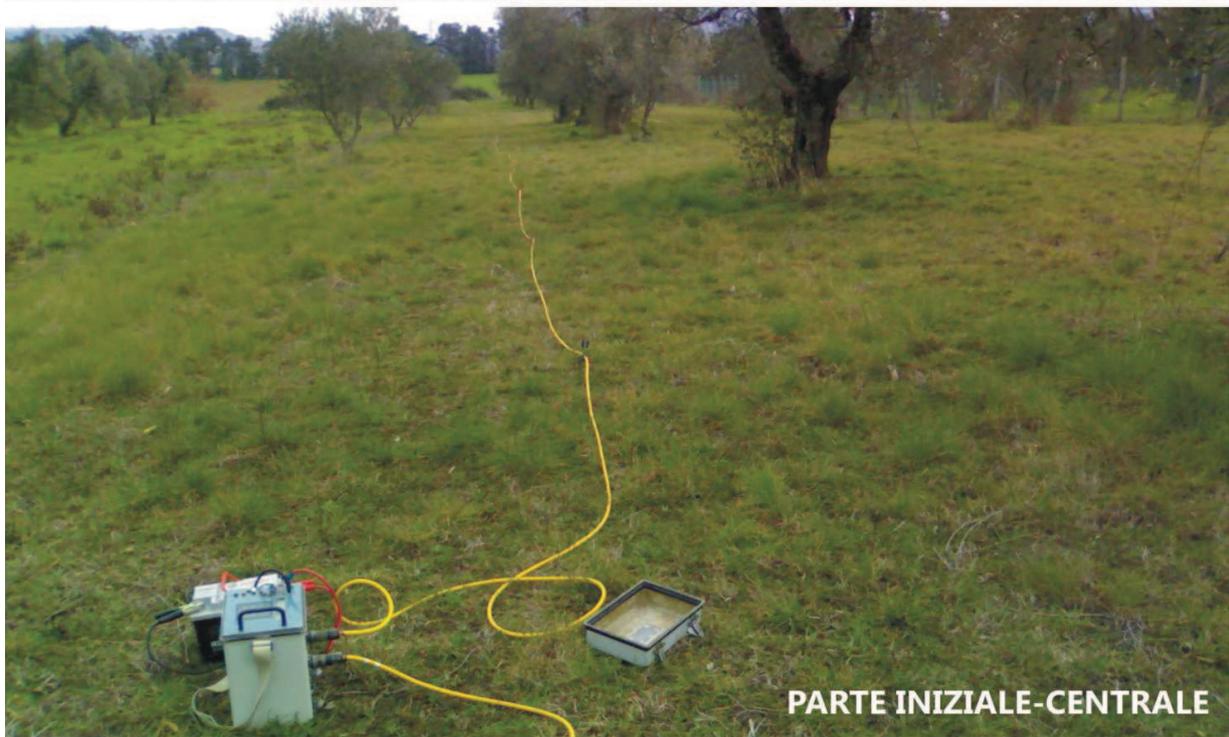
PARTE FINALE



PROFILO N. 2



PARTE INIZIALE



PARTE INIZIALE-CENTRALE

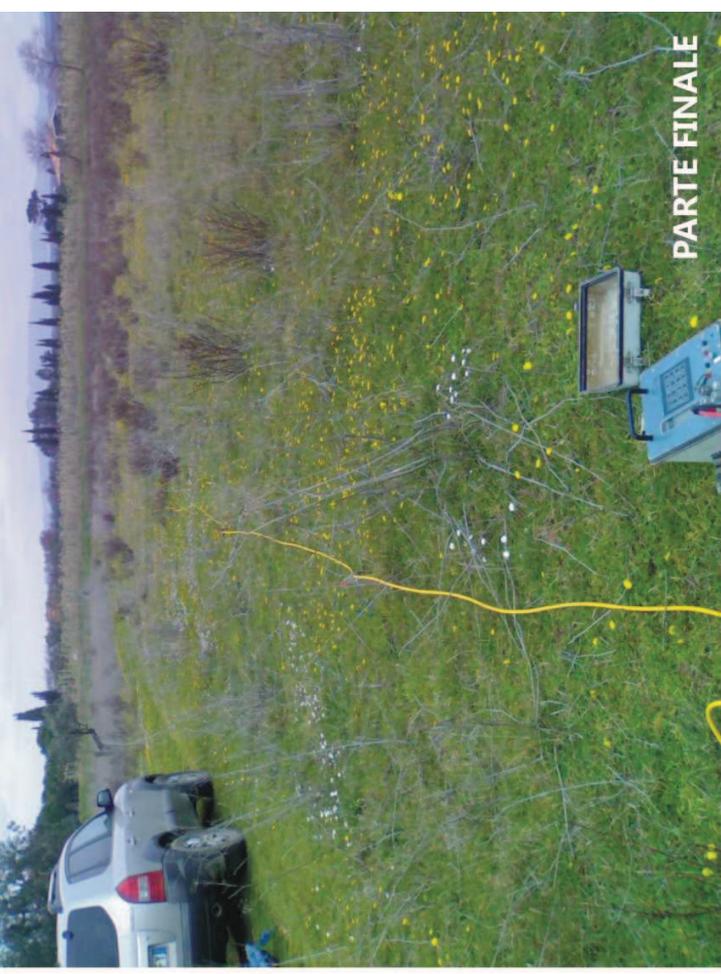


PARTE CENTRALE-FINALE

PROFILO N. 3



PARTE INIZIALE

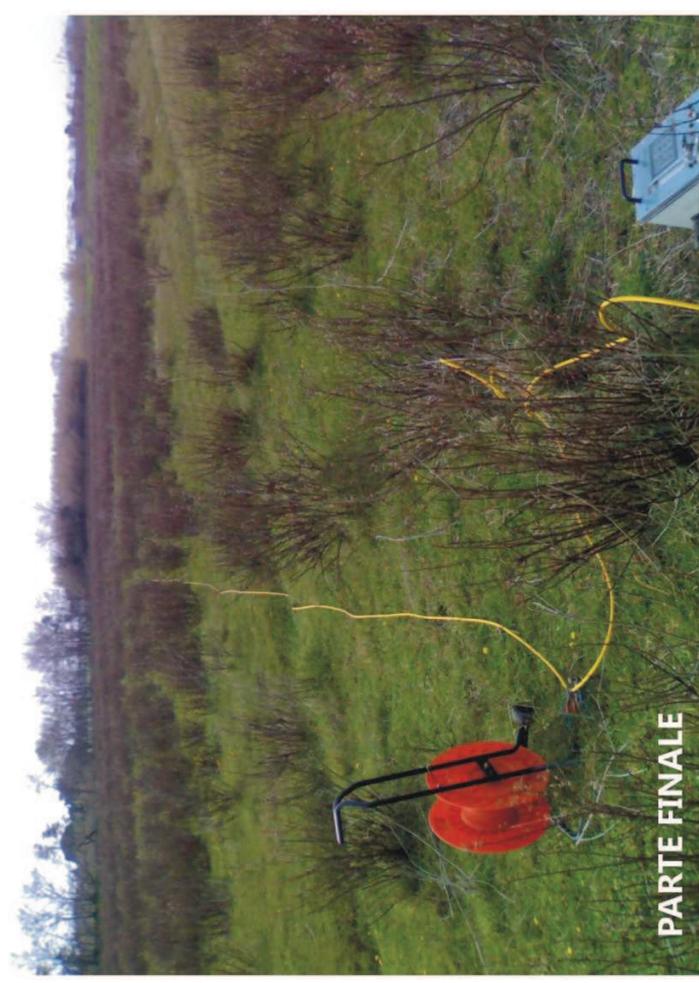


PARTE FINALE

PROFILO N. 4



PARTE INIZIALE



PARTE FINALE

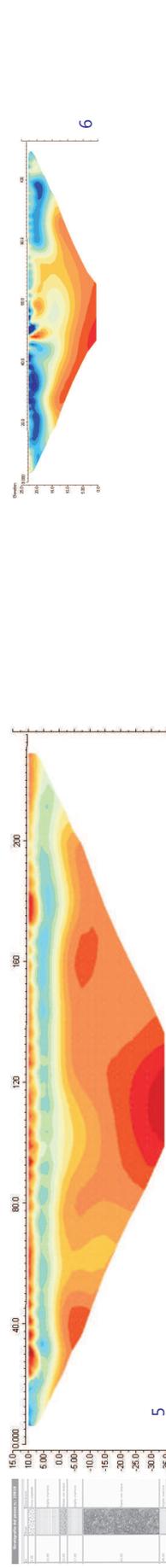
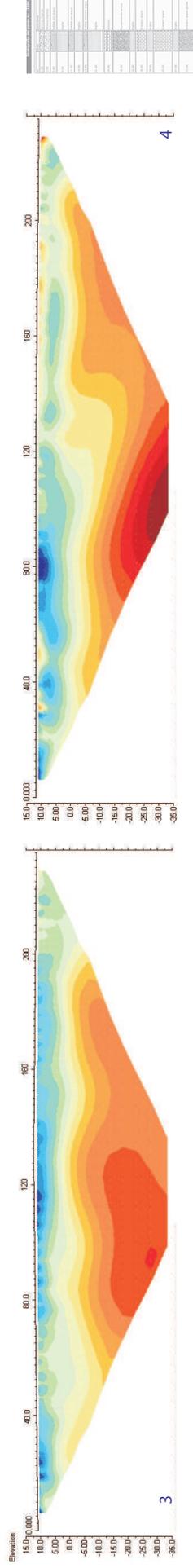
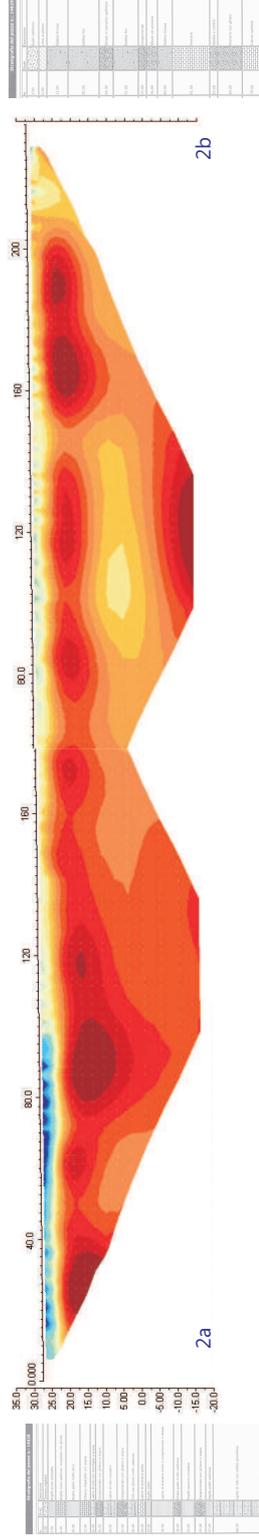
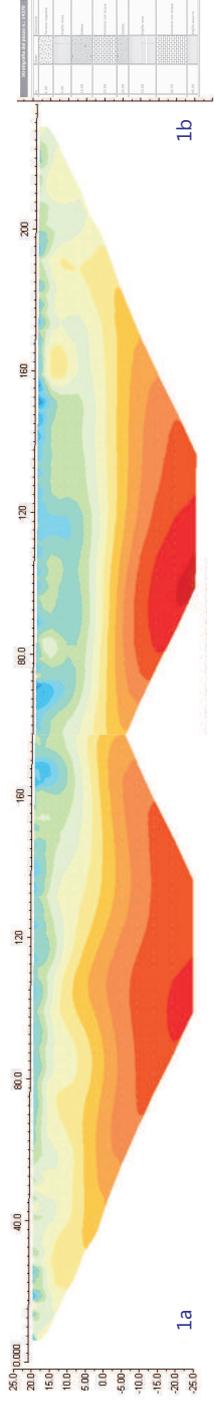
PROFILO N. 5



PARTE INIZIALE-CENTRALE



PARTE CENTRALE-FINALE



SEZIONI ELETTROTRATGRAFICHE CON NOTE INTERPRETATIVE

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

Riqualificazione ambientale in ambito turistico
“Golf Costa degli Etruschi”

Indagini geologico tecniche di supporto
al Piano Attuativo

Diagrammi penetrometrie dinamiche

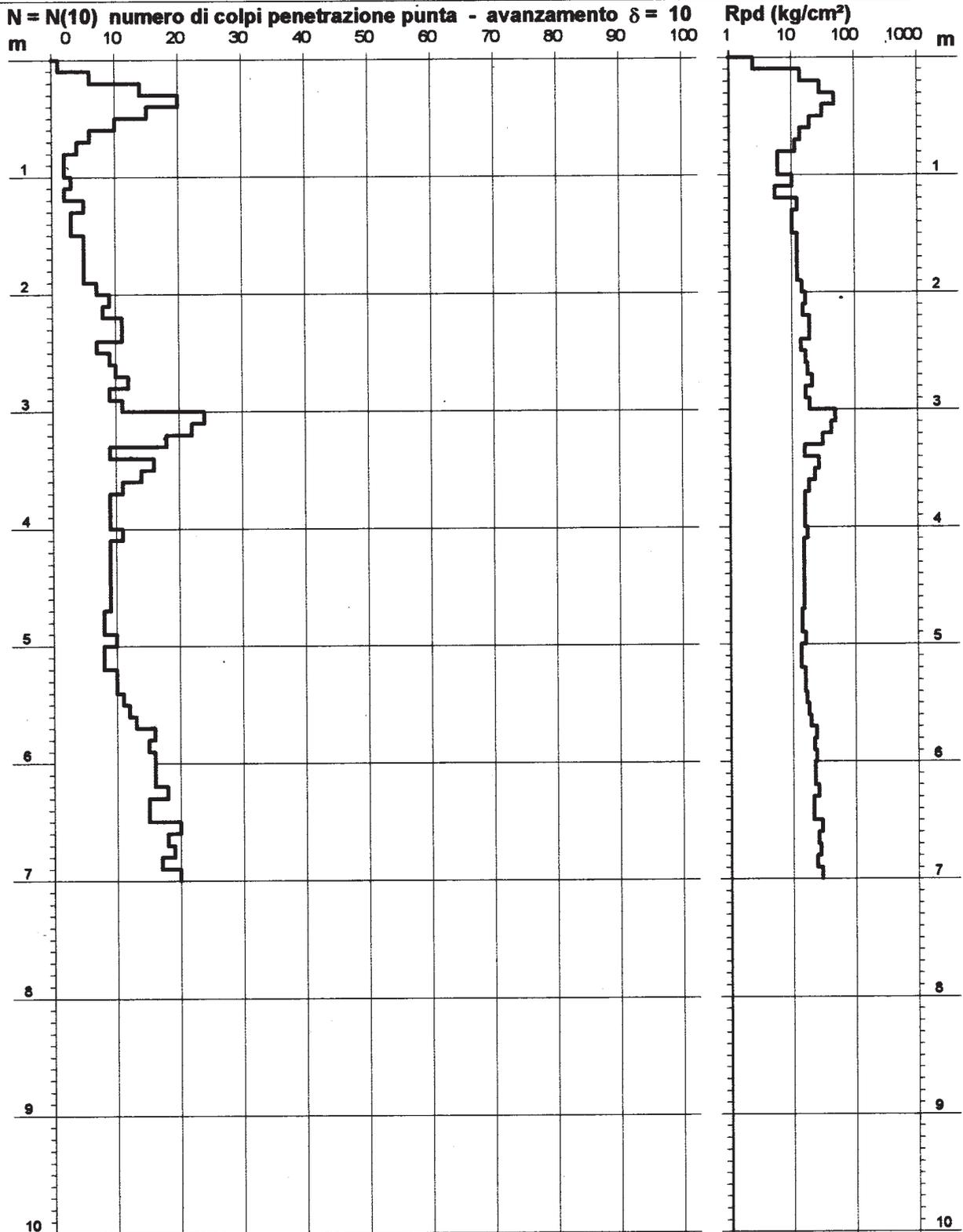
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° PD1

Scala 1: 50

- indagine : Fabbricato lesionato
- cantiere : Campeggio Le Capanne Via Aurelia
- località : Comune di Bibbona

- data : 19/11/2001
- 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

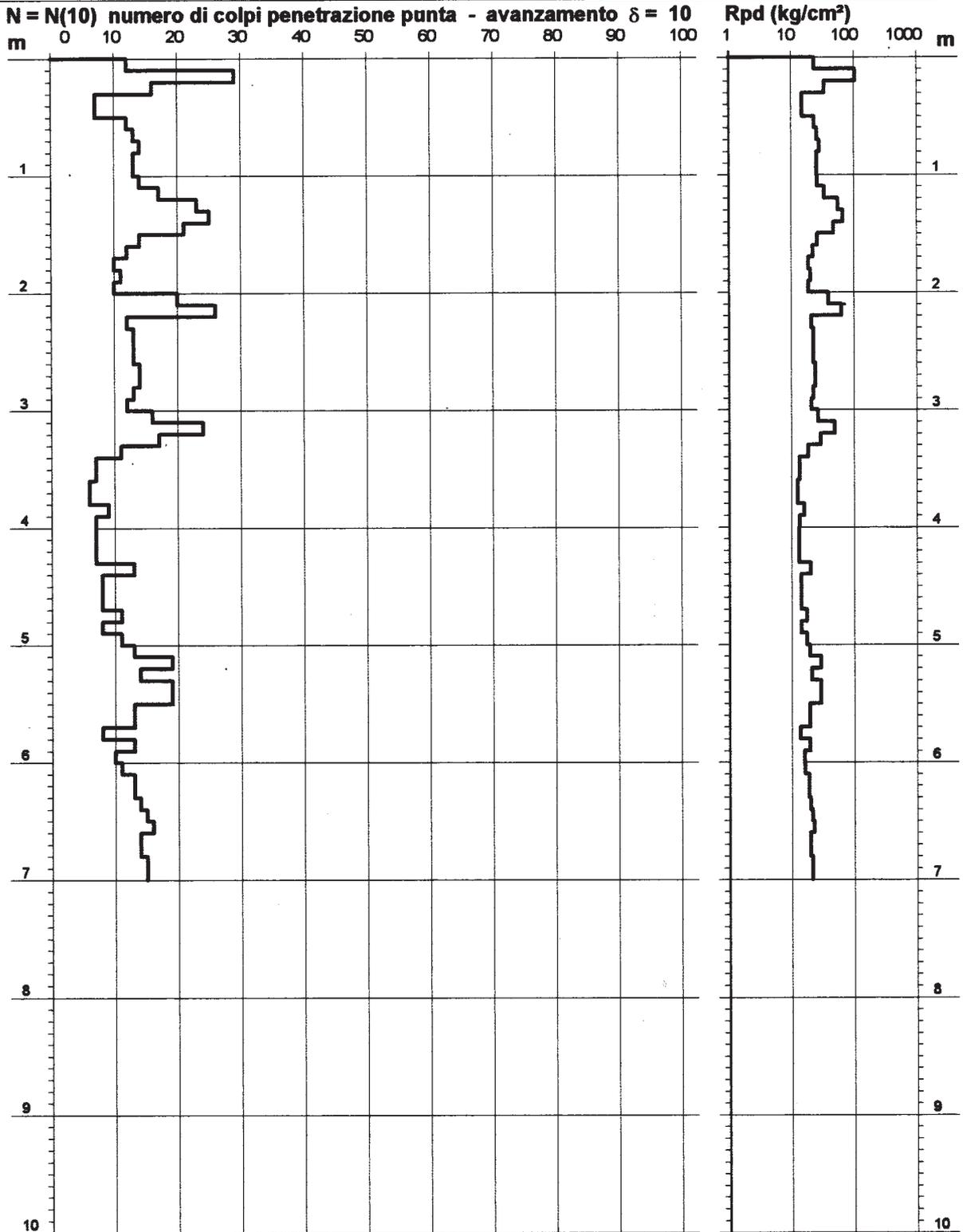
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

n° PD1

Scala 1: 50

- indagine : Ristrutturazione edilizia
- cantiere : Campeggio le Le Capanne
- località : Le Capanne Comune di Bibbona

- data : 08/01/2002
- 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

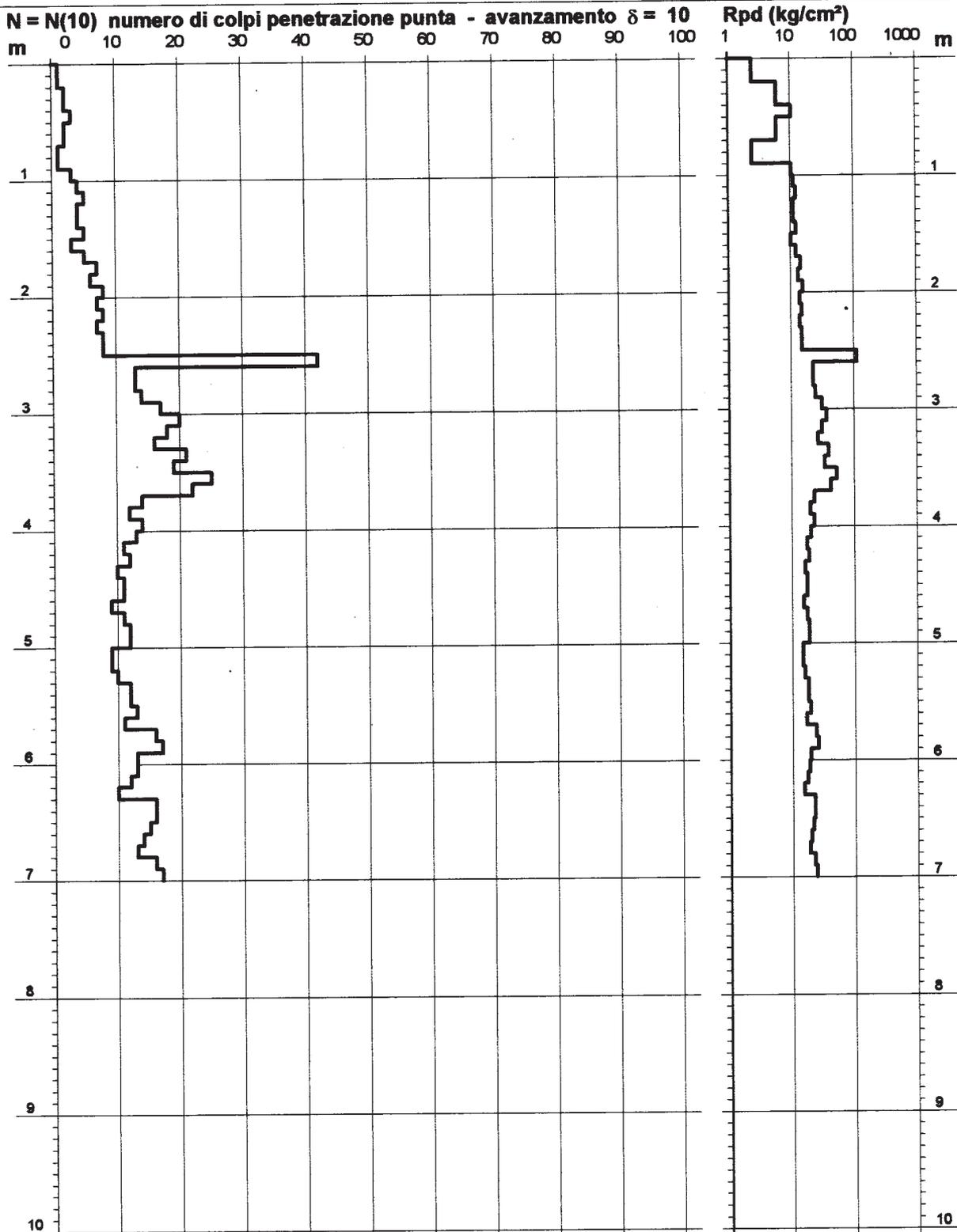
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° PD2

Scala 1: 50

- indagine : Fabbricato lesionato
- cantiere : Campeggio Le Capanne Via Aurelia
- località : Comune di Bibbona

- data : 19/11/2001
- 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

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

- A (area punta)= 10,00 cm² - D(diam. punta)= 35,70 mm

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

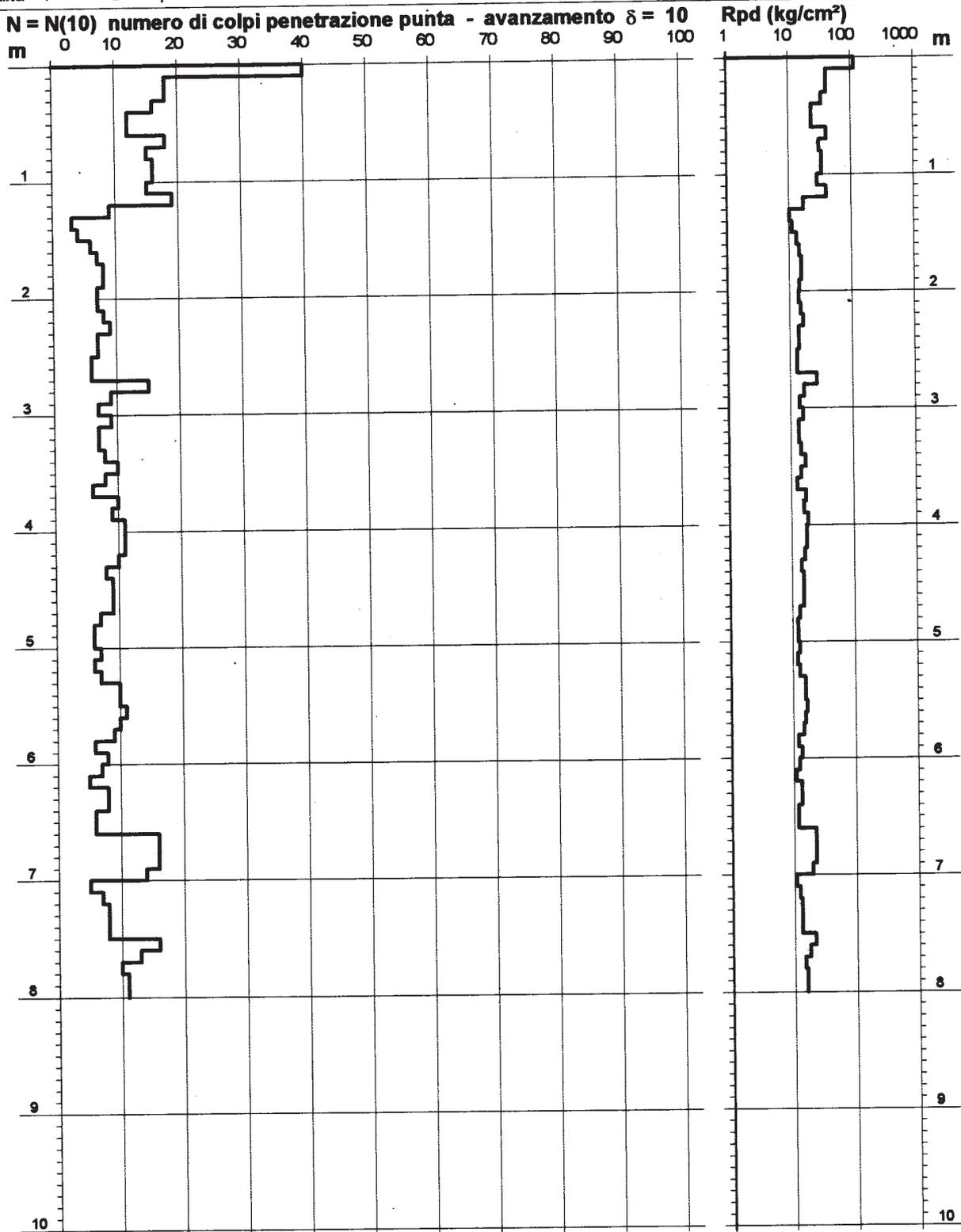
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° PD 2

Scala 1: 50

- indagine : Ristrutturazione edilizia
- cantiere : Campeggio le Le Capanne
- località : Le Capanne Comune di Bibbona

- data : 08/01/2002
- 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

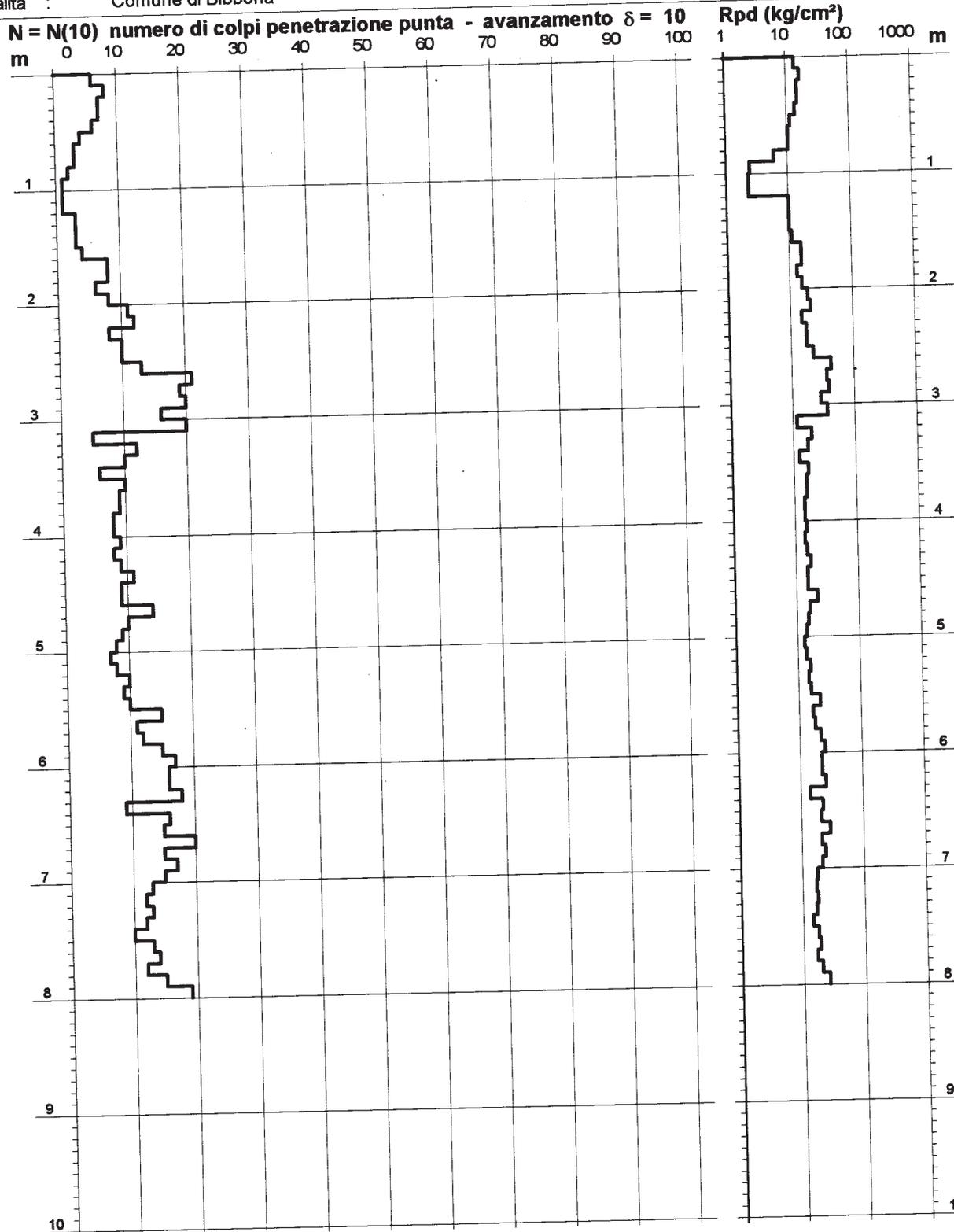
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° PD3

Scala 1: 50

- indagine : Fabbricato lesionato
- cantiere : Campeggio Le Capanne Via Aurelia
- località : Comune di Bibbona

- data : 19/11/2001
- 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

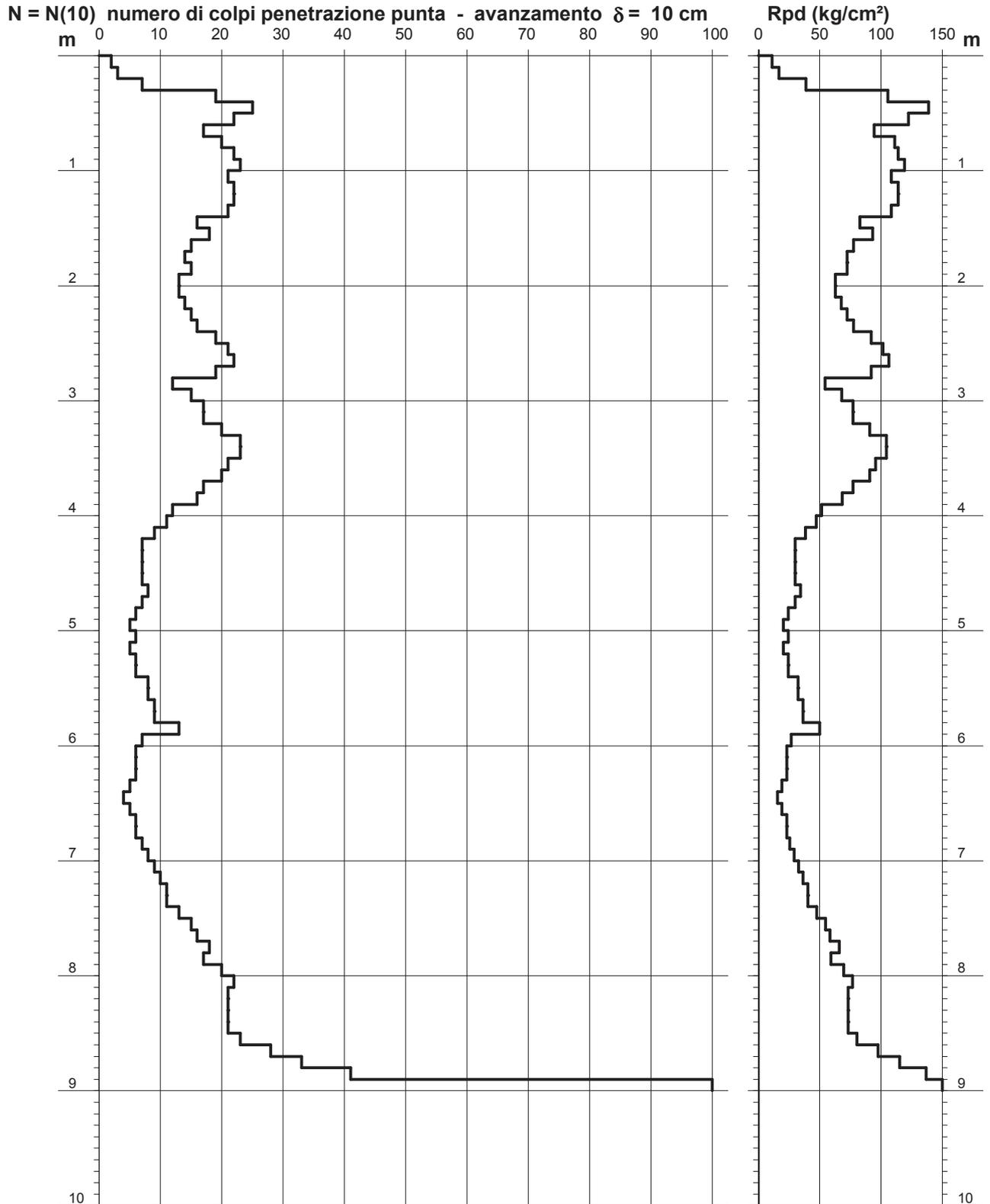
DIN PD1

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. POZZOBON ed altri
- lavoro : Consolidamento edificio lesionato
- località : Via della Camminata, Comune di Bibbona

- data prova : 16/12/2009
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 06/04/2010

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

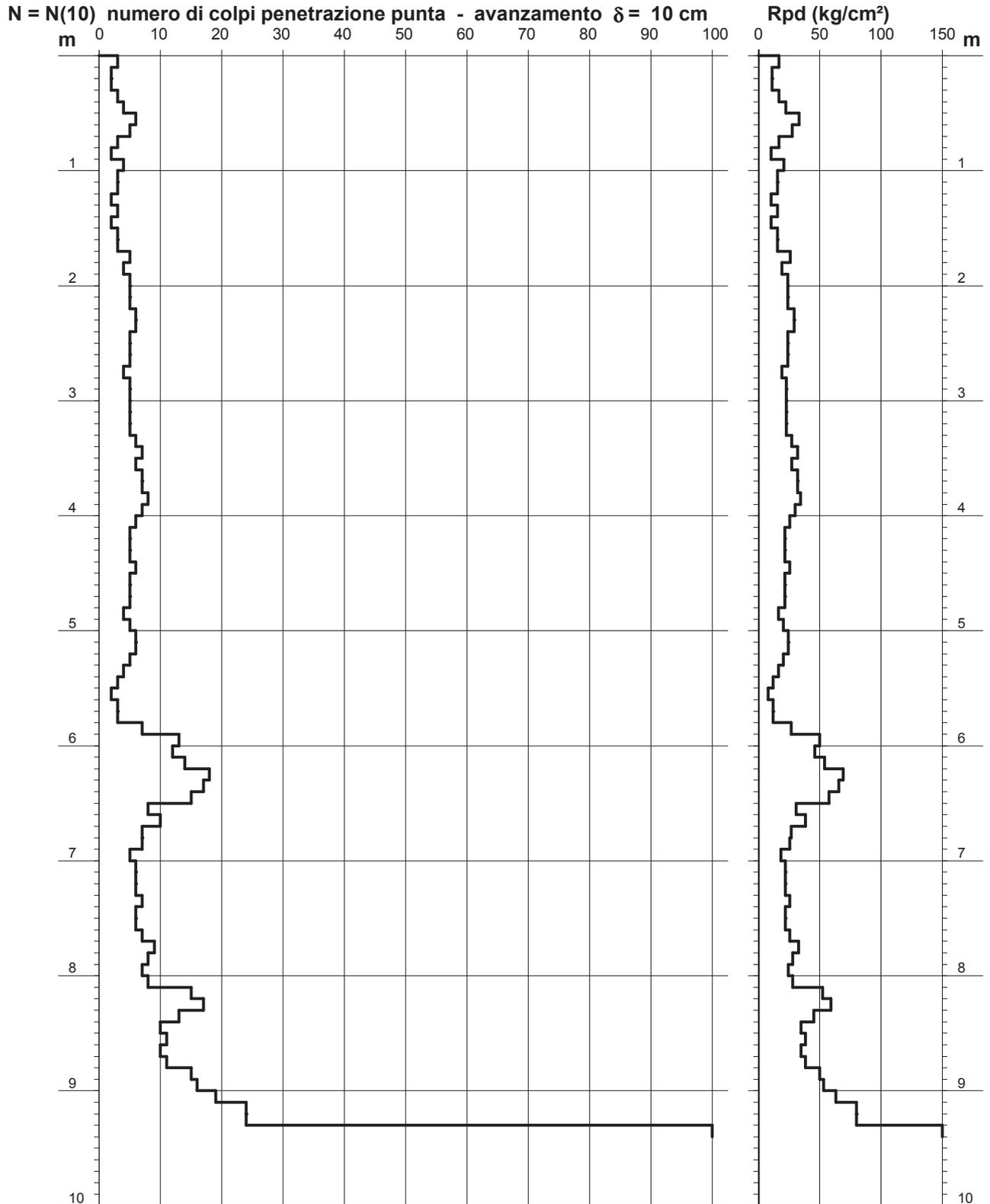
DIN PD2

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. POZZOBON ed altri
- lavoro : Consolidamento edificio lesionato
- località : Via della Camminata, Comune di Bibbona

- data prova : 16/12/2009
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 06/04/2010

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN PD3

Scala 1: 50

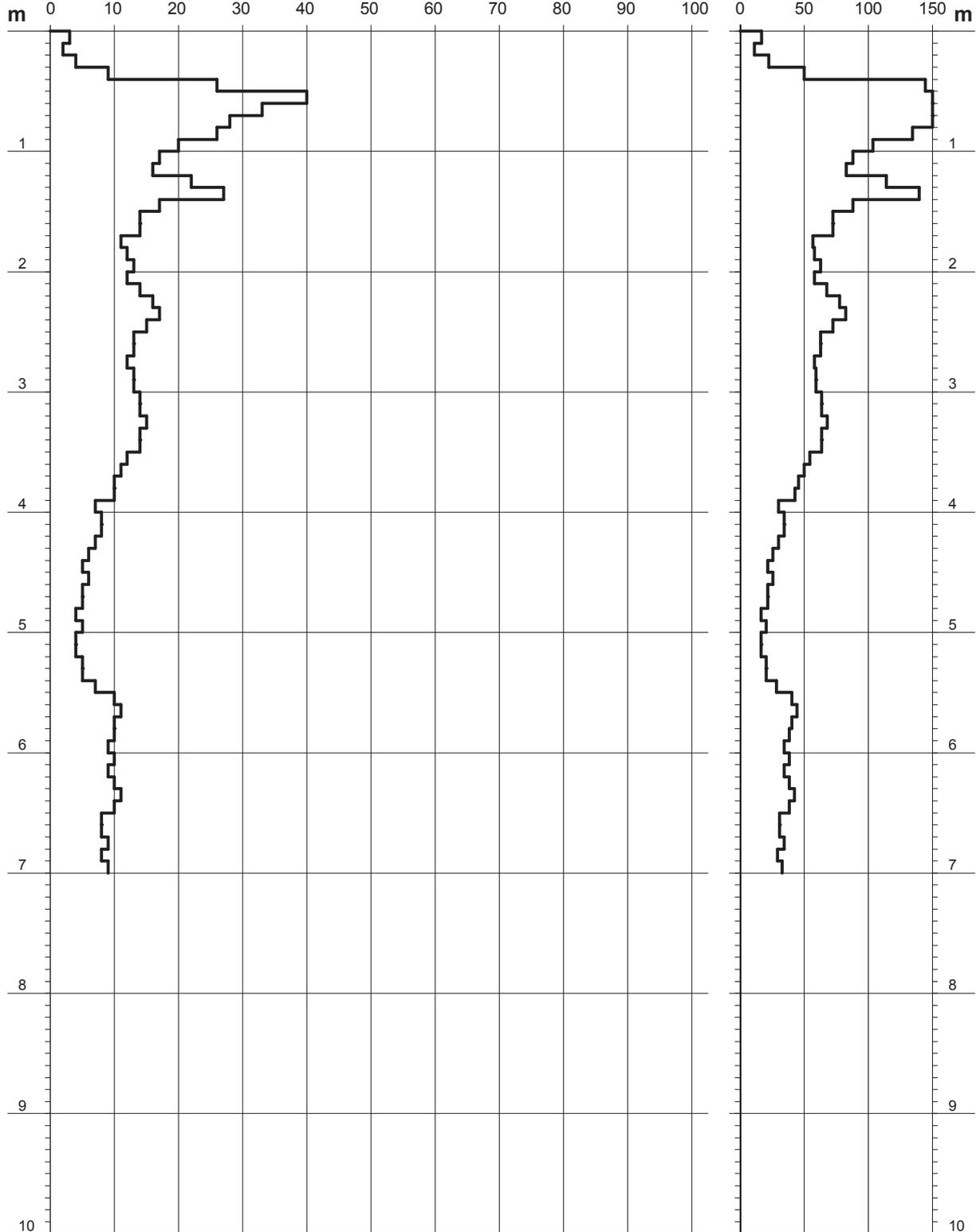
- cantiere : Sig. POZZOBON ed altri
- lavoro : Consolidamento edificio lesionato
- località : Via della Camminata, Comune di Bibbona

- data prova : 16/12/2009
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 06/04/2010

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN PD4

Scala 1: 50

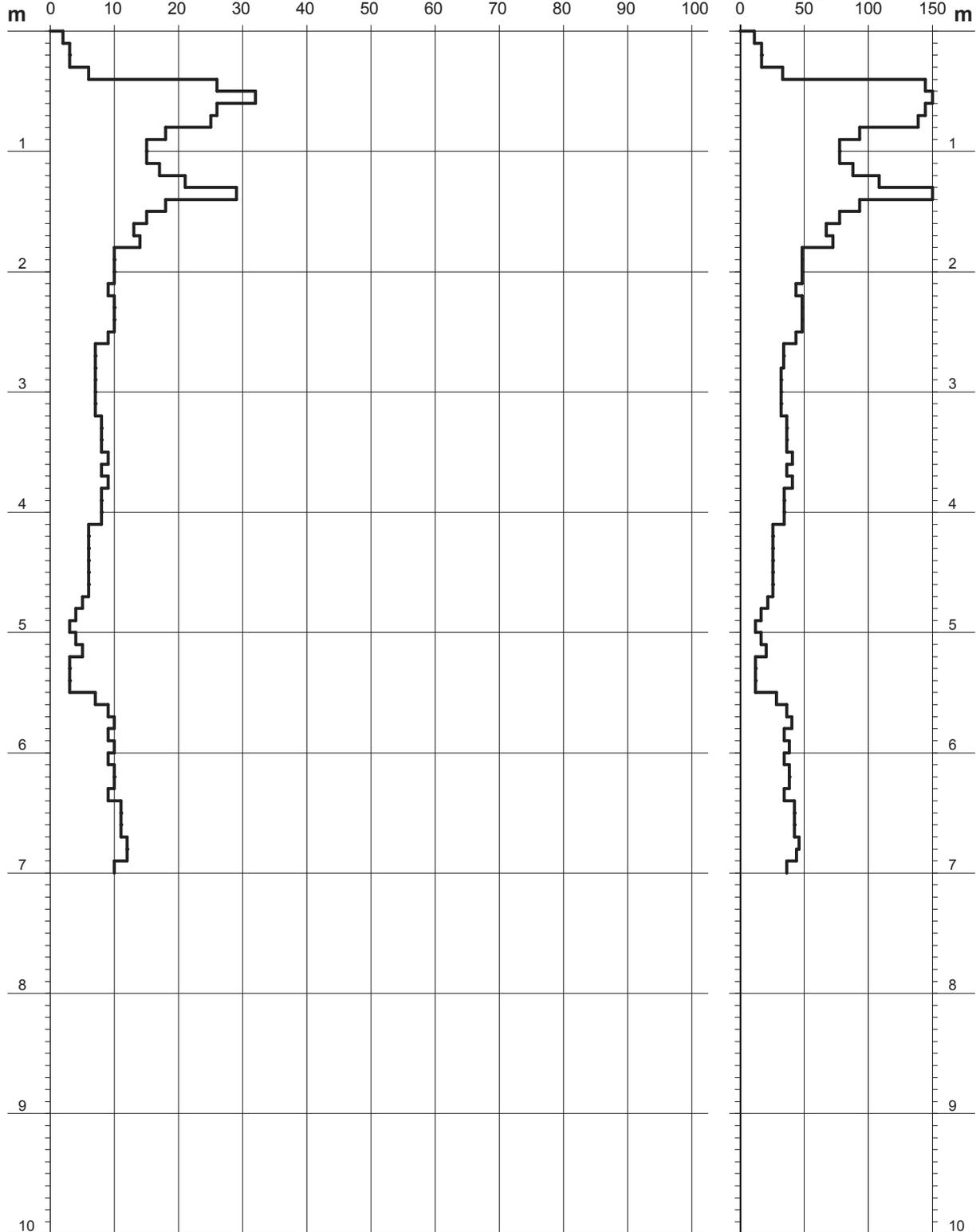
- cantiere : Sig. POZZOBON ed altri
- lavoro : Consolidamento edificio lesionato
- località : Via della Camminata, Comune di Bibbona

- data prova : 16/12/2009
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 06/04/2010

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

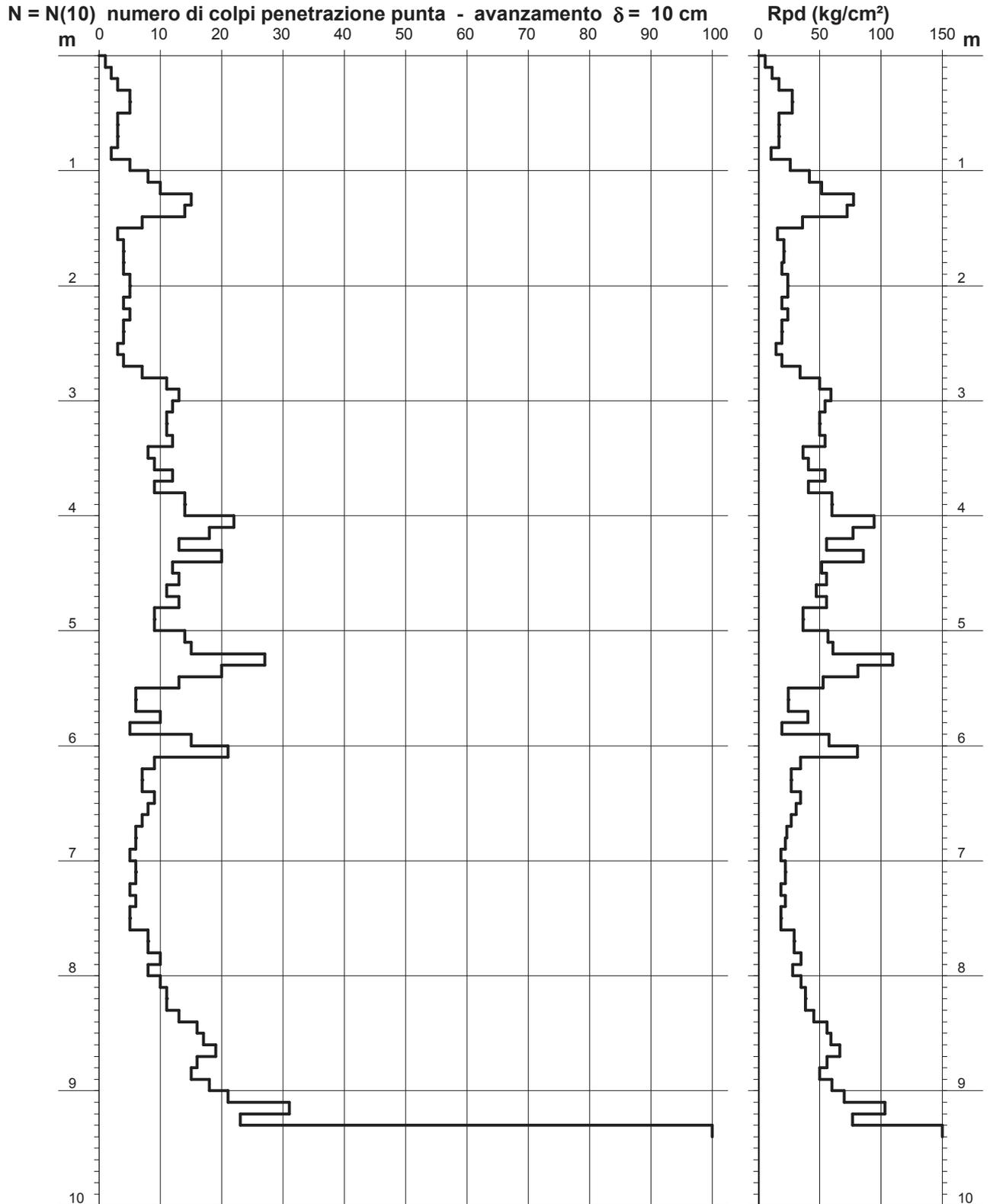
DIN PD5

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. POZZOBON ed altri
- lavoro : Consolidamento edificio lesionato
- località : Via della Camminata, Comune di Bibbona

- data prova : 16/12/2009
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 06/04/2010

- note :



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

Riqualificazione ambientale in ambito turistico
“Golf Costa degli Etruschi”

Indagini geologico tecniche di supporto
al Piano Attuativo

Indagini sismiche Masw

Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
57010 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47

*REALIZZAZIONE DI LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE
ALL'EDIFICIO ABITATIVO DENOMINATO LA FATTORIA
ALL'INTERNO DEL CAMPEGGIO LE CAPANNE*

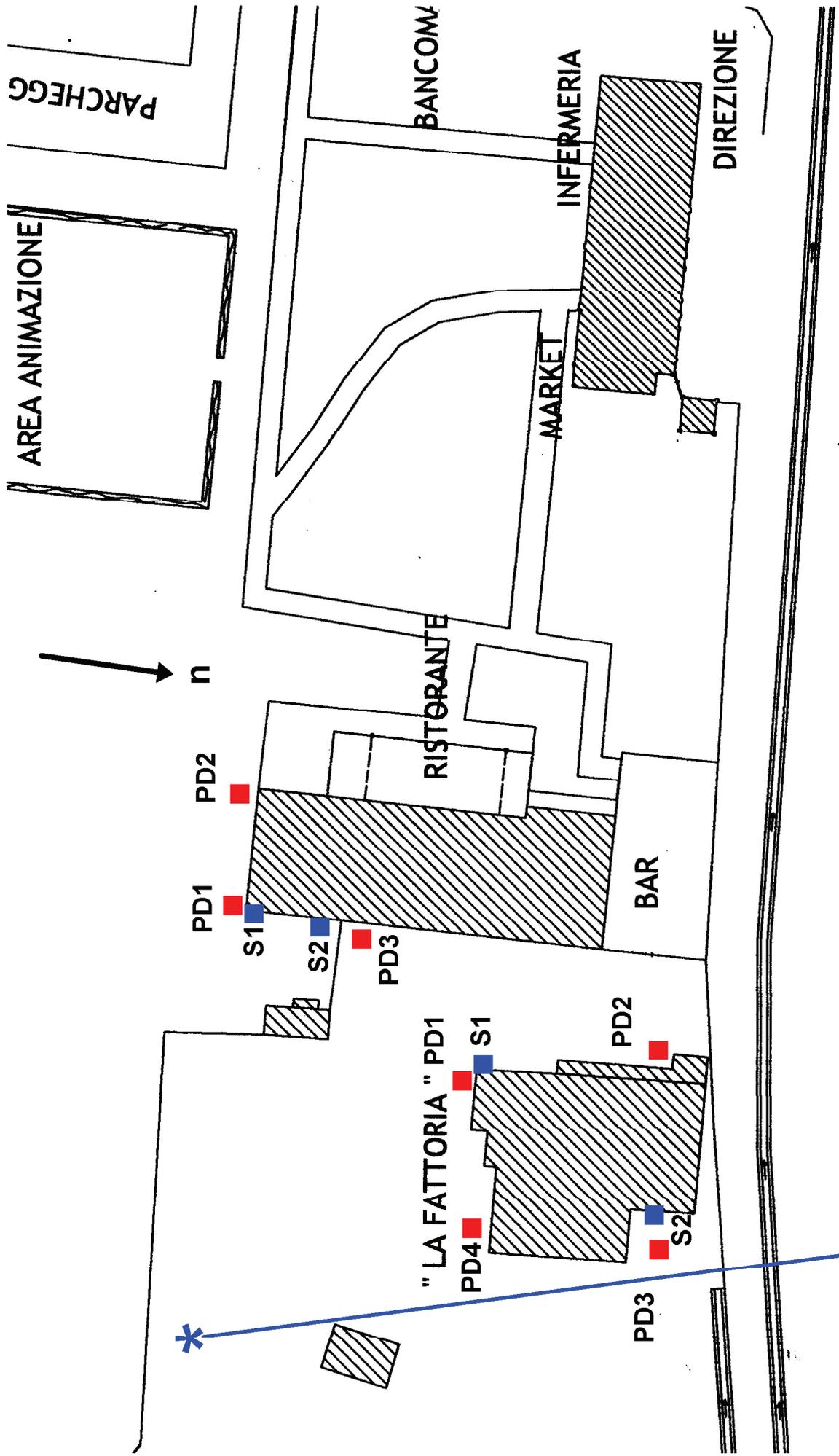
COMUNE DI BIBBONA

*STUDIO GEOTECNICO DEL TERRENO DI FONDAZIONE
IN ADEGUAMENTO AL D.M. 14 GENNAIO 2008*

Committente: Soc. LE CAPANNE s.r.l.

Febbraio 2010

Il Geologo



— linea geofonica

* zona di energizzazione

UBICAZIONE DELLE GEONOSTICHE E DELLA LINEA MASW

fig. 3 scala 1:500

RISULTATI INDAGINE MASW

Campeggio Le Capanne - Comune di Bibbona

dispersion curve: number of frequency-velocity points=6
 dataset: le capanne 12 m 6 colpi.sgy
 minimum offset (m): 12
 geophone spacing (m): 2
 sampling (ms): 0.131
 dispersion curve: le capanne picking 12 m.cdp
 number of individuals: 30
 number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 250 2 250 1 270 2 270 3 300
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 320 5 340 3 350 5 370 8 750
 Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -11.8909	-4.30371
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -9.7673	-4.3037
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.4822	-4.144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.9248	-4.144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -9.5063	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -8.5209	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.6331	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -9.5604	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -10.1929	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -8.0217	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -9.1263	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -9.397	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -9.0037	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -8.91	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.6128	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -10.1974	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -10.1564	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -9.7268	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -9.2522	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -10.8473	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -10.9686	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -11.3801	-3.6905
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -10.2533	-3.36295
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -11.1278	-3.36295
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -8.4344	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -8.3052	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -9.4007	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -8.9209	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -8.9016	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -9.2406	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -8.8212	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -7.7775	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -7.2293	-3.2119
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -7.9481	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -9.4232	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -9.0068	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -8.8568	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -8.9636	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -8.1323	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -9.202	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -8.0389	-2.8915

Checking the new search space (for the finer search)
Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -9.3863	-2.8915
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -9.5091	-2.8671
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.8771	-2.0542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.1475	-1.5934
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -8.5174	-1.5934
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.4945	-1.5934
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -9.3214	-1.5934
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -8.591	-1.5934
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -9.3747	-1.5934
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -8.2901	-1.5934
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -9.4303	-1.5934

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

Vs (m/s): 268 338 277 351 563

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3

Thickness (m): 2.5 2.1 4.8 6.6

Number of models considered to calculate the average model: 5

RESULTS winMASW Pro
#####

Dataset: le capanne 12 m 6 colpi.sgy
Analyzed curve: le capanne picking 12 m.cdp

MEAN MODEL

VS (m/s):	268	338	280	345	563
Standard deviations (m/s):	0	0	6	14	0
Thickness (m):	2.5	1.9	4.7	6.6	
Standard deviations (m):	0.0	0.2	0.3	0.5	

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	558	704	583	718	1053
Density (gr/cm3):	1.91	1.97	1.92	1.97	2.07
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.30
Young modulus (MPa):	371	607	407	634	1703
Shear modulus (MPa):	137	225	151	235	655
Lamé (MPa):	321	526	352	548	981
Bulk modulus (MPa):	412	676	453	704	1418

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
10.6572	328.5135
15.0138	287.5969
22.1296	276.6163
34.7638	274.2025
45.2197	270.1401
54.3686	264.6408

BEST MODEL

Vs (m/s): 268.2986 338.0319 277.3961 350.5314 563.3098
thickness (m): 2.5318 2.0816 4.8004 6.6321

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 559 704 577 730 1054
Density (gr/cm3): 1.91 1.97 1.92 1.98 2.07
Vp/Vs ratio: 2.09 2.08 2.08 2.08 1.87
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30
Young modulus (MPa): 371 607 398 658 1704
Shear modulus (MPa): 137 225 147 244 655
Lamé (MPa): 323 526 345 567 986
Bulk modulus (MPa): 415 676 443 729 1422

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
10.6572	325.5306
15.0138	286.1634
22.1296	276.2999
34.7638	274.7331
45.2197	270.7666
54.3686	265.1165

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 12 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 293 m/s

VS5 (best model): 294 m/s

VS20 (mean model): 342 m/s

VS20 (best model): 340 m/s

VS30 (mean model): 393 m/s

VS30 (best model): 392 m/s

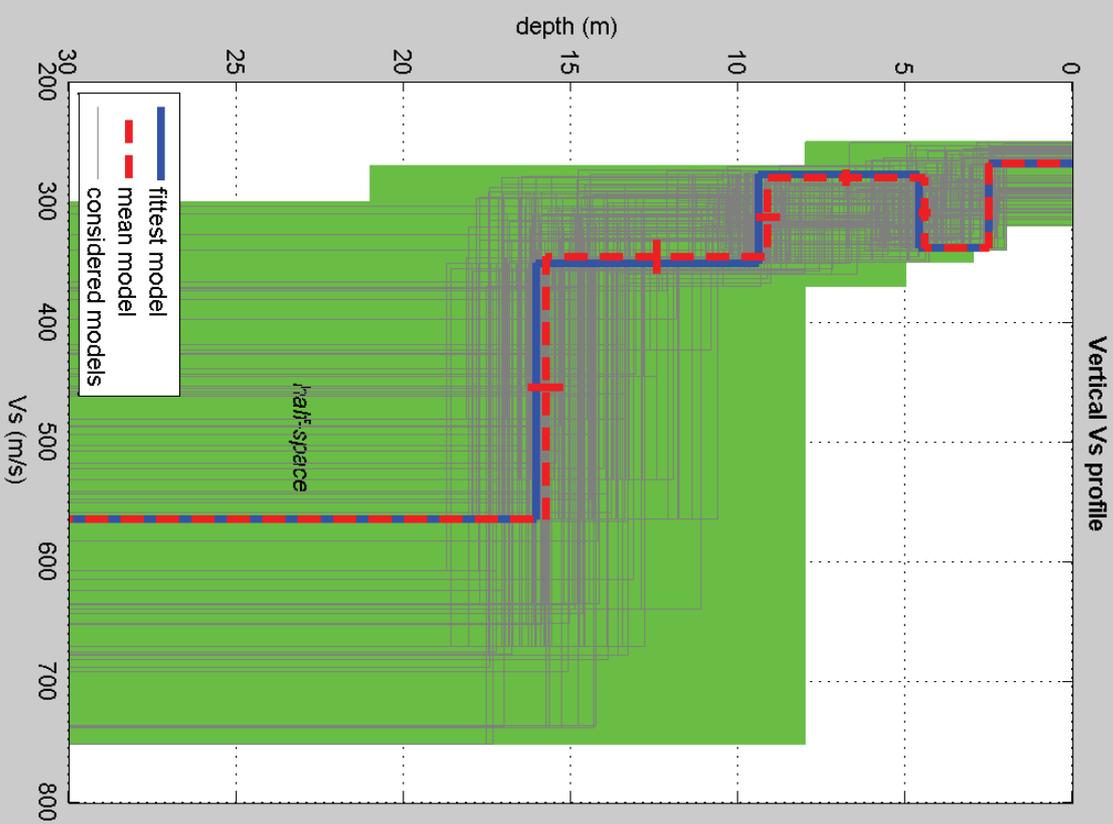
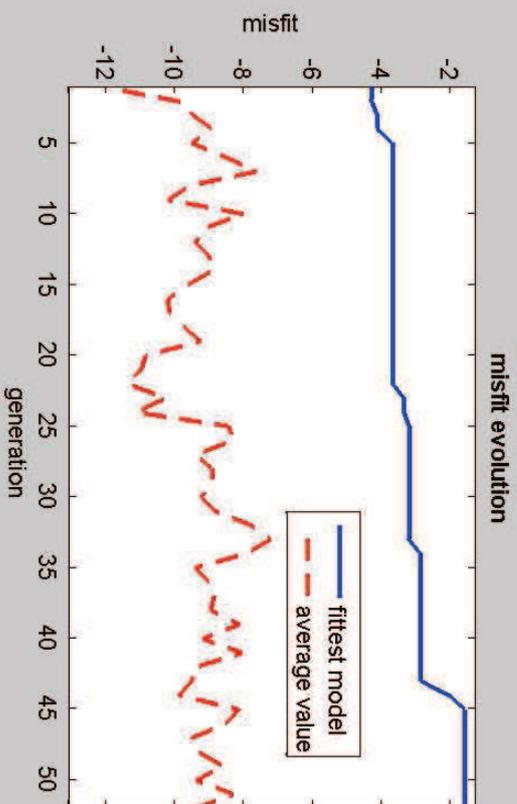
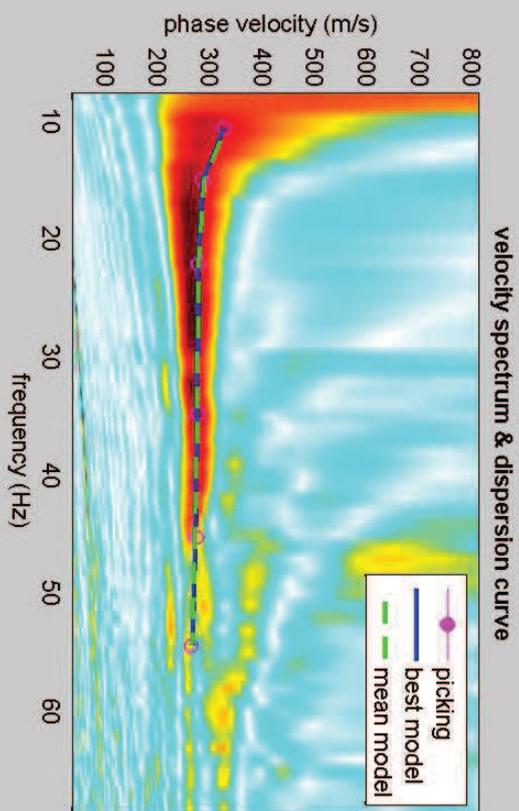
Possible Soil Type: B (based on the mean model)

winMASW 4.2 Pro

Surface Wave Analysis

via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it



dataset: le capanne 12 m 6 colpi.sgy
 dispersion curve: le capanne picking 12 m.cdp
 VS30 (best model): 392 m/s
 VS30 (mean model): 393 m/s

Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
57010 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47

*STUDIO GEOLOGICO DEL TERRENO DI FONDAZIONE
DEL FABBRICATO PER CIVILE ABITAZIONE
POSTO IN VIA DELLA CAMMINATA n°85-87
MOSTRANTE LESIONI SU ALCUNE STRUTTURE MURARIE*

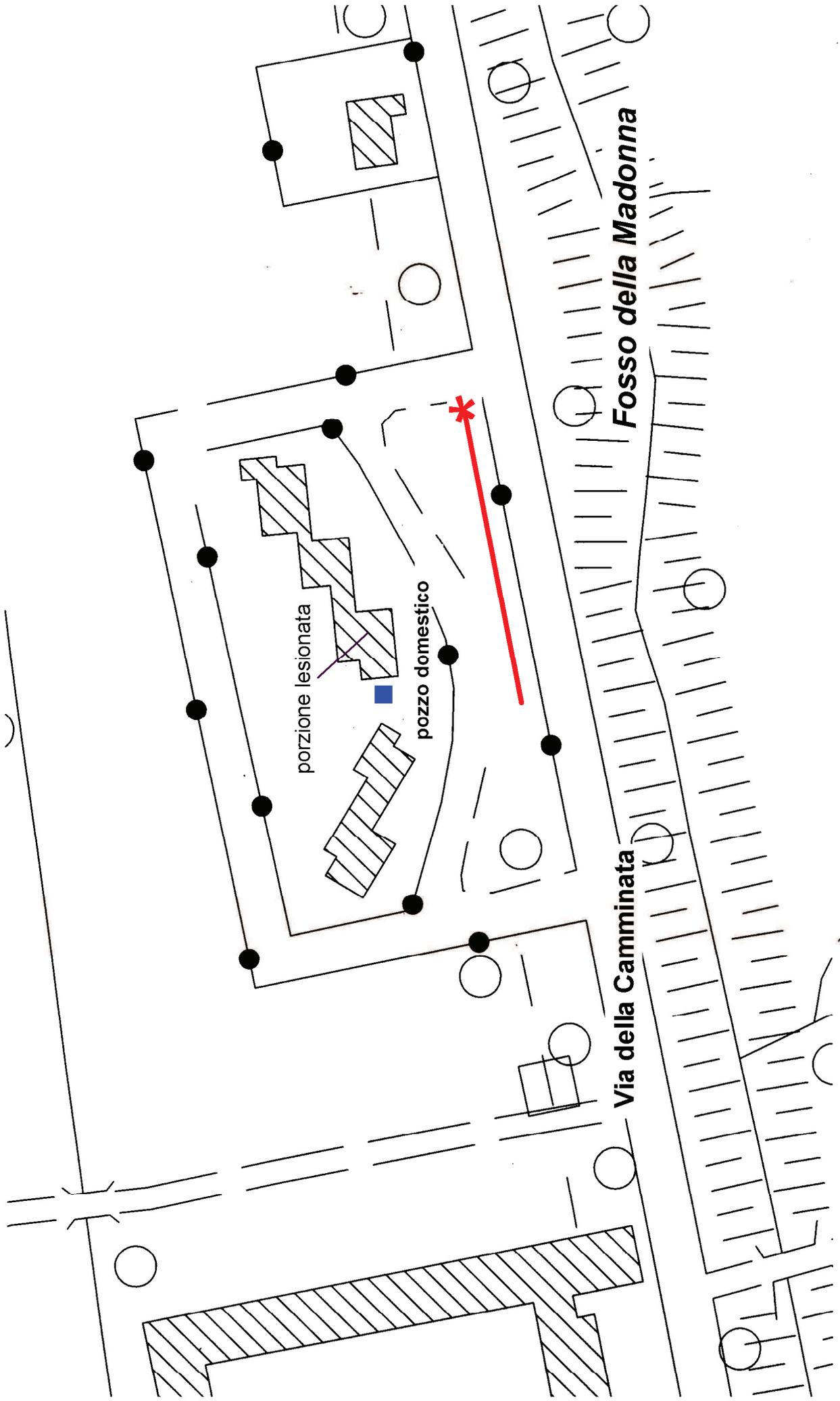
COMUNE DI BIBBONA

*STUDIO GEOLOGICO E PARAMETRIZZAZIONE
GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE*

Committente: Sig.ri POZZOBON e MARTELLACCI

Aprile 2010

Il Geologo



* zona di energizzazione

— linea geofonica MASW

UBICAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA

fig. 6 scala 1:1.000

RISULTATI INDAGINE MASW

Via della Camminata n° 85-87, Comune di Bibbona

dispersion curve: number of frequency-velocity points=7

dataset: 12 metri.sgy

minimum offset (m): 12

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 0.131

dispersion curve: picking 12 metri.cdp

number of individuals: 30

number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 200 2 200 2 220 7 240

Adopted search space (maximum Vs & thickness): 260 5 300 5 360 13 700

Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.25

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-21.4156	-11.4077
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-19.6582	-7.91397
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-19.4979	-7.91397
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-15.8872	-7.16068
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-18.1122	-7.16068
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-19.8336	-7.16068
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-18.5723	-7.16068
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-17.8392	-5.79244
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-18.2052	-5.79244
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-16.5452	-4.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-19.7195	-4.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-15.934	-4.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-17.9398	-4.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-16.0038	-4.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-17.6313	-4.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-17.2222	-4.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-15.2508	-4.40231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-16.3199	-4.40231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-18.2926	-4.40231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-13.7089	-4.40231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-15.0625	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-16.05	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-16.9599	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-14.3846	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-15.8538	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-13.8581	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-14.7273	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-14.1006	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-13.242	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-16.5628	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-17.6417	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits:	-17.819	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits:	-18.0081	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits:	-18.2082	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits:	-15.3081	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits:	-13.1748	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits:	-14.6803	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits:	-13.7379	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits:	-14.7549	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits:	-14.1459	-3.44771
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits:	-13.0092	-3.44771

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -21.007 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -18.9088 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -16.4102 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -20.2168 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -21.3598 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -18.9602 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -19.2768 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -16.829 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -17.1867 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -16.5319 -3.44771
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -15.4309 -3.43291

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

Vs (m/s): 226 298 278 619
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.25
 Thickness (m): 4.9 2.8 10

Number of models considered to calculate the average model: 4

 RESULTS winMASW Pro
 #####

Dataset: 12 metri.sgy
 Analyzed curve: picking 12 metri.cdp

MEAN MODEL

VS (m/s): 226 298 278 619
 Standard deviations (m/s): 1 0 0 0
 Thickness (m): 4.9 2.8 10.4
 Standard deviations (m): 0.0+0.0i 0.0+0.0i 0.0+0.0i

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 470 620 579 1072
 Density (gr/cm3): 1.87 1.94 1.92 2.07
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.73
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.25
 Young modulus (MPa): 258 465 401 1983
 Shear modulus (MPa): 96 172 148 793
 Lamé (MPa): 222 401 347 793
 Bulk modulus (MPa): 286 516 446 1322

Fundamental mode

Mean model
 f(Hz) VR(m/s)
 6.30055 402.0063
 7.17188 333.6432
 9.05974 276.337
 13.852 248.8075
 19.3704 235.5004
 25.3244 223.7948
 32.0046 216.8813

BEST MODEL

Vs (m/s): 225.5918 297.8374 278.0599 619.1705
thickness (m): 4.8637 2.79825 10.3988

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 470 620 579 1072
Density (gr/cm3): 1.87 1.94 1.92 2.07
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.73
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.25
Young modulus (MPa): 258 465 401 1984
Shear modulus (MPa): 96 172 149 793
Lamé (MPa): 222 401 347 793
Bulk modulus (MPa): 286 516 446 1322

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
6.30055	402.1377
7.17188	333.6805
9.05974	276.2558
13.852	248.6154
19.3704	235.1608
25.3244	223.3816
32.0046	216.4709

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 26 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 227 m/s

VS5 (best model): 227 m/s

VS20 (mean model): 280 m/s

VS20 (best model): 280 m/s

VS30 (mean model): 342 m/s

VS30 (best model): 342 m/s

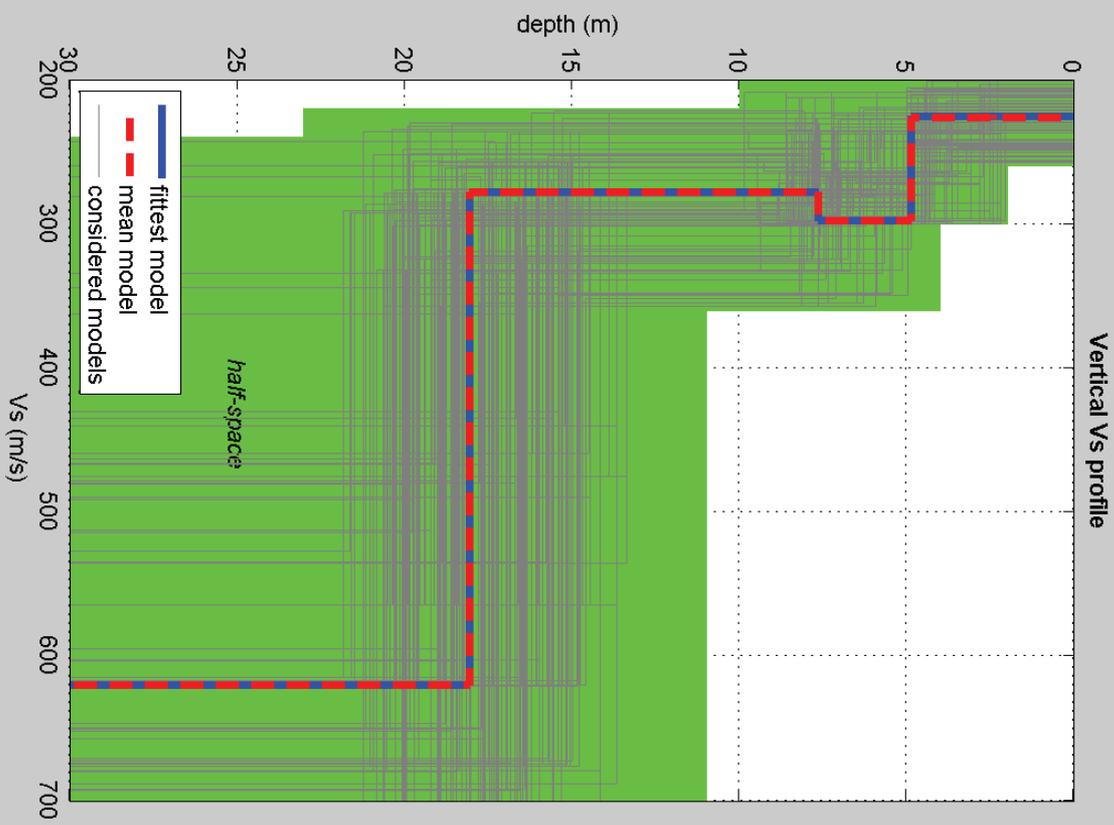
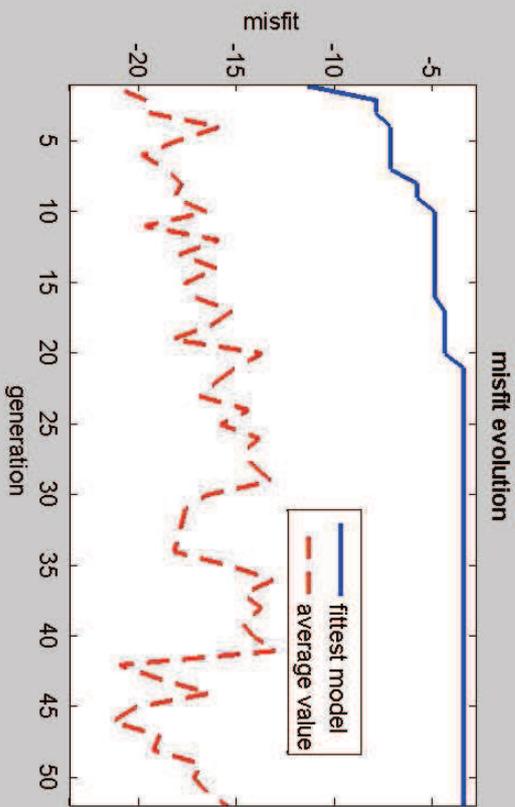
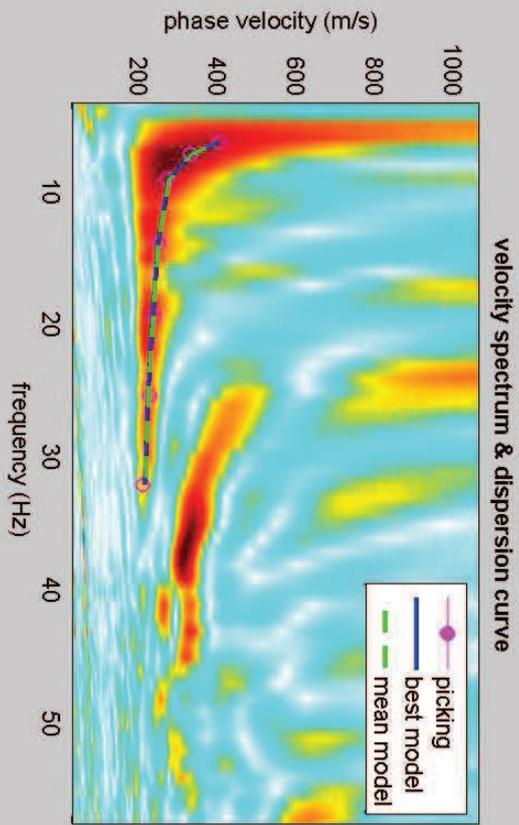
Possible Soil Type: C (based on the mean model)

winMASW 4.2 Pro

Surface Wave Analysis

via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it



dataset: 12 metri.sgy
 dispersion curve: picking 12 metri.cdp
 VS30 (best model): 342 m/s
 VS30 (mean model): 342 m/s