GEOLOGO
GIORGIO BIANCHI

Via del Governatore 14/B, 57128 Livorno - email: bianchigiorgio79@gmail.com – cell: 3283376420

RELAZIONE GEOLOGICA DI SUPPORTO AL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLO STABILIMENTO BALENARE "BAGNO DELFINO" UBICATO IN VIALE DEL TIRRENO 50, LOCALITA' TIRRENIA, NEL COMUNE DI PISA (PI).

COMMITTENTE:

Bagno Delfino di Menicucci e Colonnacchi

PROGETTISTA:

Geom. Scarpellini Rolando

- GIUGNO 2024 -

INDICE

1 - RELAZIONE GEOLOGICA
1a - Ubicazione area di studio ed intervento in progetto
1b - Inquadramento geomorfologico
1c - Geologia generale dell'area
1d - Idrologia, idrogeologia
1e - Indagini geognostiche
1f - Stratigrafia e parametri geotecnici
1g - Aspetti macrosismici

2 - PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' GEOLOGICO TECNICA
2a - Valutazione delle Pericolosità
2a.1 - Pericolosità Geomorfologica
2a.2 - Pericolosità Idraulica
2a.3 - Pericolosità Sismica locale
2b - Verifica della suscettibilità a liquefazione
2c - Fattibilità Geologico - Tecnica ai sensi del D.P.G.R. 5/R/2020
2c.1 - Fattibilità Geomorfologica
2c.2 - Fattibilità Idraulica
2c.3 - Fattibilità Sismica
2d - Valutazione di conformità stratigrafica e geotecnica del terreno impegnato dalle sollecitazioni fondazionali

3 - CONCLUSIONI

INDICE TAVOLE ED ALLEGATI

Tav. 1 - Carta di inquadramento topografico (scala 1:10.000)
Tav. 2 - Carta Geomorfologica del P.S.I. (scala 1:5.000)
Tav. 3 - Carta Geologica del P.S.I. (scala 1:10.000)
Tav. 4 - Carta Idrogeologica del P.S.I. (scala 1:10.000)
Tav. 5 - Carta dei Dati di Base del P.S.I. (scala 1:5.000)
Tav. 6 - Carta della Pericolosità Geomorfologica del P.S.I. (scala 1:5.000)
Tav. 7 - Carta del PGRA Distretto Appennino Settentrionale (scala 1:5.000)
Tav. 8 - Carta della Pericolosità Sismica del P.S.I. (scala 1:5.000)

Allegato 1 – Stratigrafia pozzo Directory 280 Dati di Base
Allegato 2 – Elaborati prove penetrometriche Directory 722-723 Dati di Base
Allegato 3 – Relazione tecnica indagine sismica MASW di riferimento
Allegato 4 – Report di calcolo delle verifiche a liquefazione

1 - RELAZIONE GEOLOGICA

1a - Ubicazione area di studio ed intervento in progetto

Il presente elaborato viene redatto a supporto del progetto per la riqualificazione del complesso balneare "Bagno Delfino" ubicato in Viale del Tirreno 50, località Tirrenia, nel Comune di Pisa (PI) - **Tav. 1**.

Le lavorazioni d'interesse ai fini del presente documento tecnico consistono in:

- ✓ nuova costruzione di n.2 chalets (n.1 sul lato nord e n.1 a breve distanza in direzione ovest);
- ✓ ampliamento dello chalet dei gestori esistente;
- ✓ demolizione e ricostruzione del locale pronto soccorso;
- ✓ ampliamento del locale servizi igienici;
- ✓ demolizione e ricostruzione dell'officina adiacente le docce calde;
- ✓ realizzazione di n.7 cabine in sostituzione dello chalet attualmente esistente sull'arenile che verrà demolito;
- ✓ demolizione e ricostruzione in posizione leggermente delocalizzata verso Viale del Tirreno delle cabine presenti in corrispondenza della porzione meridionale dello stabilimento.

Per la presa visione dei dettagli costruttivi relativi alle sopracitate lavorazioni si rimanda alla consultazione degli Elaborati Progettuali ai quali la presente si allega.

1b - Inquadramento geomorfologico

L'area di studio appartiene alla zona litorale del Comune di Pisa compresa tra la foce dello scolmatore dell'Arno a Sud e Bocca d'Arno a Nord; la morfologia è quella tipica delle zone di spiaggia, caratterizzata dalla presenza di tomboli disposti parallelamente all'attuale linea di costa.

Si tratta di terreni dunali sabbiosi, di deposizione eolica, il cui originario andamento ondulato è attualmente in parte mascherato dall'antropizzazione dell'area, che risulta pianeggiante e ad una quota di poco superiore al l.m.m.; in particolare, l'area di stretto interesse è ubicata ad una quota media variabile tra circa 2,50 m ed il l.m.m..

Durante i sopralluoghi da noi effettuati nell'area in studio ed estesi ad un intorno significativo, si è rilevata la totale assenza di testimonianze di fenomeni dissestuali

passati, in atto o prevedibili; quanto finora esposto trova conferma nella Carta Geomorfologica del Piano Strutturale Intercomunale approvato D.C.C. 30 del 28/03/2023, dall'analisi della quale non si rilevano elementi morfologici degni di nota che possano interessare l'area in studio (**Tav. 2**).
Le caratteristiche morfologiche naturali di estrema semplicità conferiscono all'area in studio condizioni di stabilità che non saranno turbate dalle lavorazioni previste in quanto nel complesso l'area di intervento, al contorno densamente urbanizzata, appare stabile ed in buone condizioni di edificabilità.

1c - Geologia generale dell'area

La geologia della zona è evidenziata nello stralcio della Carta Geologica del Piano Strutturale Intercomunale approvato D.C.C. 30 del 28/03/2023 riportato in **Tav. 3**.
In corrispondenza dell'area in studio affiora la formazione dei "*Depositi eolici: sabbie da medie a fini"* (*ea – Olocene*) al contatto con la formazione dei "*Depositi di spiaggia emersa" (g2a – Olocene)*, che rappresentano i primi depositi continentali andati a ricoprire i sedimenti marini appartenenti all'ultima trasgressione Versiliana.
Litologicamente entrambe le formazioni sono costituiti da sabbie silicee il cui addensamento cresce con la profondità; deposti localmente per spessori variabili, sovrastano e si interdigitano con i depositi interdunali affioranti nelle immediate vicinanze. Il colore risulta marrone ocra in superficie e varia al grigio più in profondità.

1d - Idrologia, idrogeologia

Dal punto di vista *idrologico*, la porzione di territorio in esame è caratterizzata dalla presenza di una rete di canali collettori e fossi minori ad essi trasversali, realizzati in tempi relativamente recenti per il risanamento dell'area stessa a scopo di bonifica e che attualmente risultano in parte mascherati dall'urbanizzazione; ad una distanza di circa 1.500 m in direzione est scorre il Canale Nuovo Lamone che drena la pianura in direzione nord-sud fino alla confluenza con il Canale Navigabile dei Navicelli.

Dal punto di vista *idrogeologico*, dalla consultazione della Carta Idrogeologica del Piano Strutturale Intercomunale approvato D.C.C. 30 del 28/03/2023 (si veda **Tav. 4**), si evince che la formazione affiorante in corrispondenza della porzione orientale ("*Depositi eolici: sabbie da medie a fini, ea")* è caratterizzata da un grado di *permeabilità primaria media*

mentre la formazione che caratterizza l'arenile e la porzione occidentale del complesso balneare ("*Depositi di spiaggia emersa, g2a")* è caratterizzata da un grado di *permeabilità primaria alta*, in relazione alla natura prevalentemente sabbiosa dei depositi in affioramento.

Nella zona in esame è possibile rinvenire una falda idrica non confinata, di scarso interesse per l'esiguo spessore (circa 10 m) e per i rapporti di interscambio con la circolazione idrica soffolta dei canali e fossi superficiali. Se da una parte il ridotto spessore limita lo sfruttamento della risorsa idrica sotterranea dell'acquifero superficiale costiero, limita anche il fenomeno dell'intrusione del cuneo salino ad una fascia di alcune centinaia di metri rispetto all'attuale linea di costa.

In base ai dati bibliografici a disposizione, emerge la saturazione dei terreni a partire da circa -2,00 m di profondità dal piano campagna; considerando che le strutture in progetto saranno sviluppate completamente fuori terra, non sono da prevedersi possibili interazioni significative con la circolazione idrica sotterranea, che potranno comunque essere del tutto superate ricorrendo a normali accorgimenti costruttivi volti all'impermeabilizzazione delle strutture a contatto con il terreno ed a garantire il normale deflusso gravitativo dell'acqua di infiltrazione.

1e - Indagini geognostiche

Dalla consultazione degli Elaborati Progettuali ai quali la presente si allega, risulta che le strutture in progetto saranno caratterizzate da un volume lordo ciascuna tale da ricondurle alla classe d'indagine 1 ai sensi del punto 1.1 del Paragrafo 3 dell'Allegato 1 al D.P.G.R. 1/R/2022, che identifica interventi con volume lordo inferiore a 150 mc lordi.

Stante quanto previsto al Punto 1.1 del Paragrafo 3 dell'Allegato 1 al D.P.G.R. 1/R/2022, per interventi in classe d'indagine 1, per la definizione dell'azione sismica e per la caratterizzazione geotecnica possono essere utilizzate indagini eseguite in aree limitrofe nel medesimo contesto geologico-geomorfologico.

In primo luogo risulta opportuno evidenziare che l'area d'intervento ricade in un contesto geologico e geomorfologico piuttosto omogeneo ed ampiamente investigato nelle susseguenti fasi di caratterizzazione geologica-geotecnica funzionali alla redazione degli elaborati geologici di supporto agli Strumenti di Governo del Territorio del Comune di Pisa; le geometrie sepolte risultano ampiamente individuate fino a profondità oltre il volume

significativo ai fini della caratterizzazione geotecnica, e sono costituite da una copertura sedimentaria di litotipi granulari (sabbie in variabile matrice limosa), giacente su di una successione di depositi fluvio-lacustri a granulometria prevalentemente limo-argillosa con intercalazioni di passate di ghiaie e ciottoli.

Per la ricostruzione del modello geologico sito specifico si porta a riferimento la stratigrafia di un pozzo ricadente nel contesto dello stabilimento balneare (ubicazione visibile in **Tav. 5** quale estratto della carta dei Dati di Base), identificato nella Directory 280 dei Dati di Base del Piano Strutturale Intercomunale approvato D.C.C. 30 del 28/03/2023, la cui stratigrafia è consultabile in **Allegato 1**.

Per la definizione del modello geologico-geotecnico sito specifico si portano a riferimento le seguenti indagini ricavate dai Dati di Base del Piano Strutturale Intercomunale approvato D.C.C. 30 del 28/03/2023 (ubicazione visibile in **Tav. 5** quale estratto della carta dei Dati di Base), eseguite in un lotto di terreno ubicato ad una distanza di circa 300 m in direzione nord-est in un contesto geologico e geomorfologico del tutto corrispondente a quello dell'area di stretto interesse:

- Directory 722-723 - n. 2 prove penetrometriche dinamiche spinte fino a circa - 10,0 m da p.c. (elaborati visibili in **Allegato 2**).

Per la classificazione dei terreni di fondazione in base alla risposta sismica sito-specifica sono stati considerati gli esiti di un'indagine sismica MASW eseguita ad una distanza di circa 300 m in direzione sud, da ritenersi significativa in quanto eseguita in un contesto geologico e geomorfologico del tutto corrispondente a quello dell'area in studio (ubicazione visibile nell'**Immagine 1** di pagina seguente e relazione tecnica visibile in **Allegato 3**).

Secondo quanto previsto al Comma 12 del Paragrafo 3 dell'Allegato A al D.P.G.R. 1/R/2022: "In generale *è consentito per tutte le Classi di indagine di cui al precedente punto 1 e previa verifica delle condizioni di omogeneità del contesto geologico, l'utilizzo di dati disponibili sul sito in esame, fatti salvi i diritti di terzi, ad integrazione e/o sostituzione delle indagini specifiche da eseguire per ciascuna classe, limitatamente alla tipologia di indagine acquisita*".

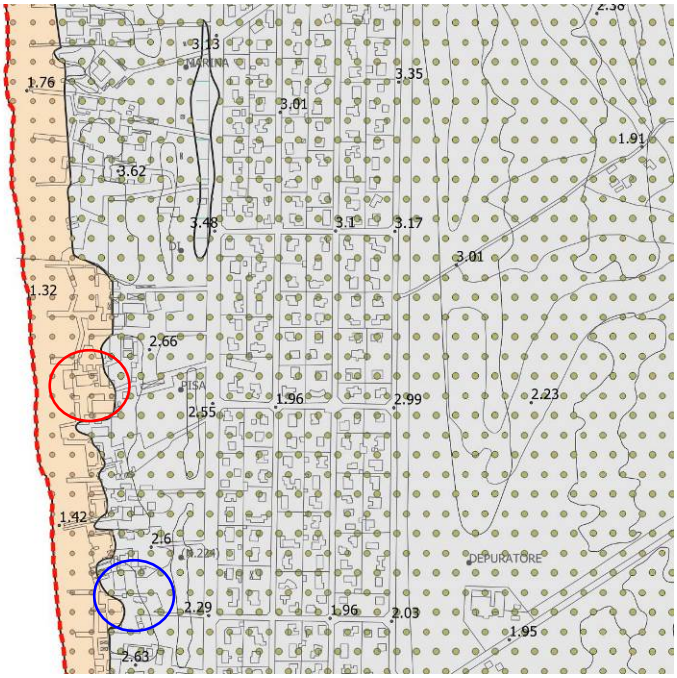


Immagine 1: Stralcio della carta geologica di P.S.I. con ubicazione del profilo sismico (blu) rispetto all'area in studio (rosso).

Considerando le condizioni di estrema omogeneità del contesto geologico-geomorfologico di pertinenza, riteniamo concettualmente possibile identificare il "sito in esame" intendendone l'estensione significativa per lo meno per l'intorno di circa 300 m di raggio rispetto alla ristretta area in studio nell'ambito del quale sono comprese le suddette indagini a disposizione

Si ritiene pertanto che il progetto nel suo complesso, per la natura delle strutture previste e per il contesto geologico e geomorfologico nel quale ricade, possa essere considerato di sensibilità tale per cui le indagini a disposizione restituiscano in modo sufficientemente accurato i dati necessari per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica e per la classificazione della categoria di sottosuolo ai sensi del D.P.G.R. 1/R/2022 e del D.M. 17-01-2018.

1f - Stratigrafia e parametri geotecnici

In base alle informazioni derivanti dalle indagini a disposizione, confrontate con i dati bibliografici e di archivio derivanti da studi eseguiti in aree caratterizzate dal medesimo contesto geologico e geomorfologico, è possibile indicare il geologico-tecnico riferibile al lotto d'intervento.

da p.c. a - 0,30/0,40 m da p.c.: terreno vegetale

da -0,30/0,40 m a - 10,00 m da p.c.:sabbia fine debolmente limosa marrone chiara:

$\gamma = 1800 - 1900\ kg/m^3$ $\varphi' = 30 - 36°$

$E = 200 - 250\ kg/cm^2$.

1g - Aspetti macrosismici

Il sistema di classificazione attualmente in vigore, secondo le "Norme Tecniche per le Costruzioni" (2018), prevede la suddivisione in diverse categorie di sottosuolo in base alla velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio dell'i-esimo strato;
N = numero di strati;
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Nel caso di situazioni con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H = 30 m nella precedente espressione.

Le categorie di sottosuolo sono di seguito riportate:

Categoria A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo di 3 m;

Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/sec;

Categoria C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/sec;

Categoria D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/sec;

Categoria E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per l'attribuzione della categoria di sottosuolo secondo il D.M. 17/01/2018, si considerano gli esiti dell'indagine sismica MASW portata a riferimento, descritta nel *Paragrafo 2a*.

L'andamento della velocità delle onde di taglio derivante da tale indagine (relazione tecnica in **Allegato 3**) rivela che il substrato con Vs > 800 m/sec è ubicato ad una profondità maggiore di 30 m; pertanto per l'attribuzione della categoria di sottosuolo di considera il valore V_{s30} pari a ***214 m/sec***, tale da attribuire ai terreni oggetto di studio la ***Categoria C*** secondo la classificazione adottata nelle NTC 2018.

2 - PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' GEOLOGICO-TECNICA

2a - Valutazione delle Pericolosità

2a.1 - Pericolosità geomorfologica

Secondo la cartografia del Piano Strutturale Intercomunale approvato D.C.C. 30 del 28/03/2023, redatta ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011, l'area ricade in parte in **classe di pericolosità geomorfologica G.1 "bassa"** che identifica "*aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche-giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi*" ed in parte in classe **di pericolosità geomorfologica G.3 "elevata"** che identifica "*aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni erosivi e di subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche*" (**Tav. 6**).

2a.2 - Pericolosità idraulica

Secondo la carta di pericolosità del vigente Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale (approvato con D.P.C.M. 27 ottobre 2016), di cui un estratto è visibile in **Tav. 7**, l'area ricade in *classe P1 (bassa)*, ovvero al di fuori degli ambiti di pericolosità idraulica per i quali sono previsti condizionamenti per il progetto in esame.

2a.3 - Pericolosità sismica locale

Allo stato attuale il Comune di Pisa è azzonato in zona **3** ai sensi del D.G.R.T. n.878 del 08/10/2012, classificazione approvata ufficialmente dal D.G.R.T. n. 421 del 26/05/2014.

Dalla consultazione della cartografia del Piano Strutturale Intercomunale approvato D.C.C. 30 del 28/03/2023, redatta ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011, l'area in studio ricade al di fuori degli ambiti per i quali sono state individuate specifiche condizioni di pericolosità (**Tav. 8**).

Tuttavia, si ritengono applicabili le stesse condizioni rilevate nelle porzioni di territorio limitrofe caratterizzate dal medesimo contesto geologico rispetto all'area di stretto

interesse alle quali è stata attribuita la **classe di pericolosità sismica S.2** ***"Media"*** che identifica le "*zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*".

2b - Verifica della suscettibilità a liquefazione

La stratigrafia dell'area d'intervento risulta costituita da orizzonti sabbiosi con variabile contenuto di limo e ghiaia, in condizioni di saturazione oltre -2,00/-3,00 m dal p.c.. In base all'esperienza maturata da verifiche eseguite per tali depositi, si ritiene di poter escludere l'insorgenza anche solo potenziale di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o insorgenza di accentuate deformazioni plastiche in quanto i terreni in studio ricadono al di fuori delle condizioni per cui tali fenomeni potrebbero manifestarsi.

Quale approfondimento di analisi dello specifico aspetto riferito al caso in esame, si è tuttavia svolto una verifica del potenziale di liquefazione mediante il software "*Liquefaction of Soil - 2014*" allegato al volume "Liquefazione dei Terreni" (EPC editrice) sviluppato dal Dott. Geol. Sebastiano Giovanni Monaco di Messina (ME), di cui di seguito si riportano gli esiti.

Il software di calcolo permette, mediante un applicativo Excel, di valutare il potenziale di liquefazione con metodi empirici, tabellari o semplificati; nel caso specifico, avendo a disposizione un'indagine sismica MASW eseguita ad una distanza di circa 300 m in direzione sud nel medesimo contesto geologico-geomorfologico (ubicazione visibile in **Tav. 5**), la verifica è stata eseguita basandosi sul metodo semplificato di Andrus e Stokoe (2000) utilizzando i valori di spessore strati, velocità delle onde S e peso di volume così come derivanti dall'indagine portata a riferimento (dati consultabili a pagina 7 della relazione tecnica di **Allegato 3**).

Le verifiche eseguite hanno restituito un coefficiente di sicurezza ***Fs minimo*** pari a ***1,436*** (report completo consultabile in **Allegato 4**), quindi oltre il fattore di sicurezza minimo accettabile (pari a 1,25 secondo l'EC8), accreditando la valutazione di poter escludere l'insorgenza anche solo potenziale di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o insorgenza di accentuate deformazioni plastiche dei terreni in studio e consentendo quindi di ribadire l'esclusione della suscettibilità alla liquefazione del modello stratigrafico sito specifico.

2c - Fattibilità geologico tecnica ai sensi del D.P.G.R. 5/R/2020

2c.1 - Fattibilità geomorfologica

Per quanto concerne l'***aspetto geomorfologico***, le evidenze emerse dalle indagini e dal rilievo eseguiti per la verifica dello stato dei luoghi dai quale è emersa l'assenza di "segni" geomorfologici legati a problematiche di dissesto diretto od indizi che lascino presagire un loro possibile futuro innesco.

Considerando inoltre che la maggior parte degli interventi descritti in premessa saranno realizzati nella porzione dello stabilimento balneare caratterizzata dalla classe di *pericolosità geomorfologica G.1 "bassa"* e che i limitati interventi in area a *pericolosità geomorfologica G.3 "elevata"* consistono in demolizione e ricostruzione di strutture esistenti, si ritiene di poter attribuire al progetto in esame nel suo complesso condizioni di ***Fattibilità geomorfologica F.G.2 "con normali vincoli"***, legati alle verifiche geotecniche da normativa (D.M. 17-01-2018) che saranno eseguite in fase di deposito delle pratiche strutturali presso gli Enti competenti.

2c.2 - Fattibilità idraulica

Dal ***punto di vista*** **idraulico**, analizzando la cartografia del PGRA (**Tav. 7**), l'area d'intervento ricade al di fuori degli ambiti di pericolosità idraulica per i quali sono previsti condizionamenti per l'intervento in esame; a tal proposito, si ritiene di poter attribuire al progetto oggetto di valutazione condizioni di ***Fattibilità idraulica F.G.2 "con normali vincoli"***.

2c.3 - Fattibilità sismica

Per quanto riguarda gli **aspetti sismici**, considerando che l'indagine sismica portata a riferimento ha permesso di individuare la velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari litotipi, portando ad attribuire la categoria C ai sensi della classificazione adottata nelle vigenti NTC, sulla base della quale saranno eseguiti il dimensionamento e le conseguenti verifiche strutturali/geotecniche, si ritiene di poter attribuire all'intervento in progetto la condizioni di ***fattibilità sismica F.S.2 "con normali vincoli"*** legati, come per l'aspetto geomorfologico, alle verifiche geotecniche da normativa (D.M. 17-01-2018) che saranno eseguite in fase di deposito delle pratiche strutturali presso gli Enti competenti.

2d - Valutazione di conformità stratigrafica e geotecnica del terreno impegnato dalle sollecitazioni fondazionali

Sulla base degli esiti scaturiti dal rilevamento e dalle indagini a disposizione in sito per la valutazione degli aspetti geomorfologici, geologici, idrogeologici e di caratterizzazione geotecnica, si può affermare che il progetto di riqualificazione secondo le modalità previste non produrrà nessun turbamento all'ambiente.

L'intervento in progetto si inserisce infatti nel contesto di una porzione di territorio caratterizzata al contorno dalla presenza di fabbricati con caratteristiche costruttive e con carichi da gestire analoghi od inferiori a quello delle strutture progetto, che allo stato attuale non presentano particolari lesioni e/o indizi di ammaloramento/cedimento eventualmente ascrivibili al superamento della capacità portante del complesso fondazione-terreno.

In ragione di quanto finora esposto, la realizzazione delle strutture previste non comporterà problematiche di sorta dal punto di vista della portanza dei terreni, permettendo di confermare piena compatibilità tra l'intervento in progetto con il modello geologico-tecnico sito specifico. Le necessarie ed opportune verifiche geotecniche ai sensi delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/18) saranno comunque oggetto di specifica trattazione in fase di progettazione esecutiva dell'opera.

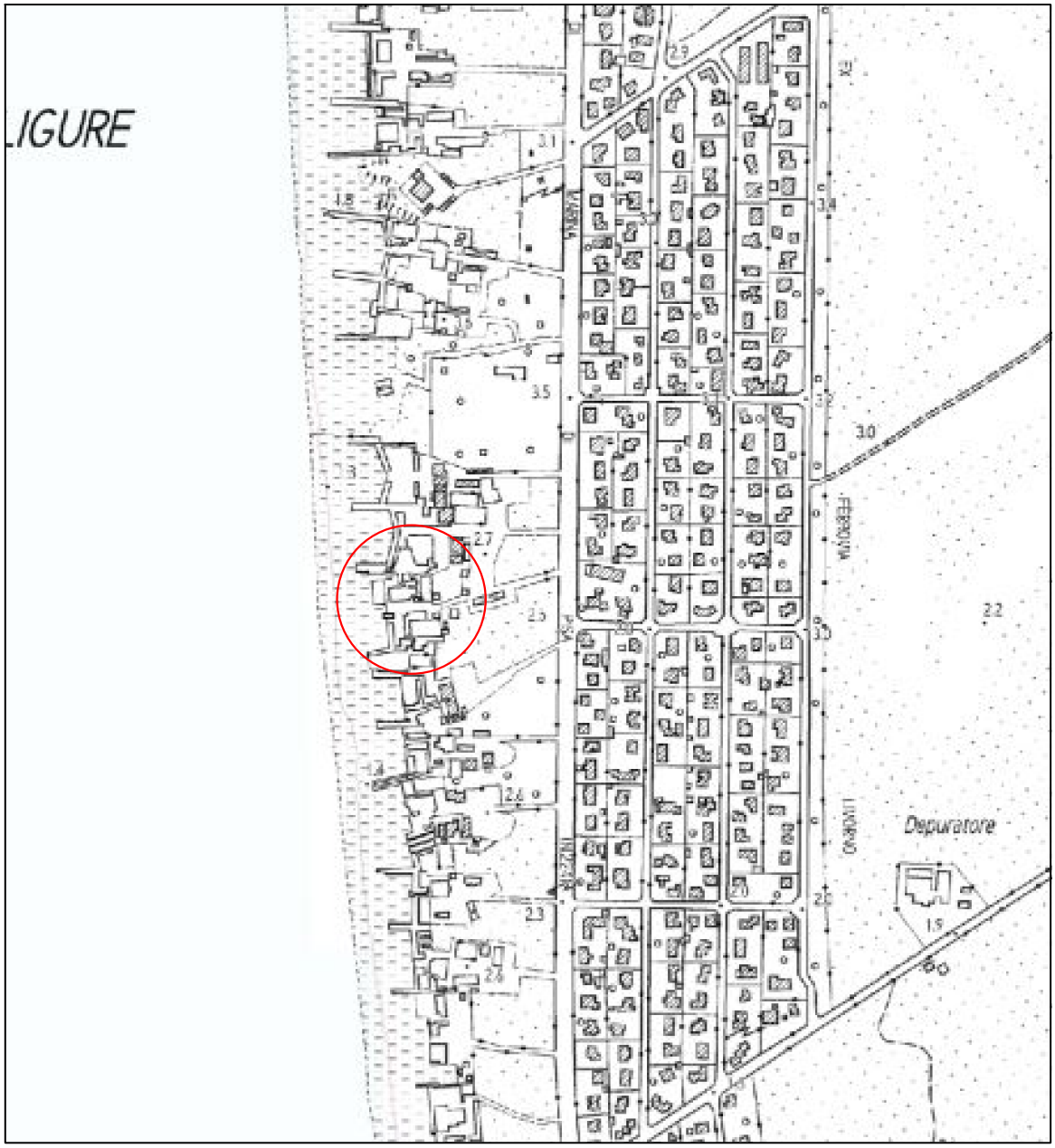
3 - CONCLUSIONI

In base a quanto finora esposto, si ritiene che le indagini a disposizione abbiano permesso di definire con buona affidabilità il modello geologico-geotecnico sito specifico in relazione alle volumetrie in gioco ed al contesto geologico-geomorfologico di pertinenza, in conformità con quanto indicato dal *D.P.G.R. 1/R/2022*.

In conclusione, si può affermare che l'intervento per la riqualificazione dello stabilimento balneare "Bagno Delfino" secondo le modalità previste da progetto risulti fattibile in ordine agli aspetti geomorfologici, idraulici e sismici, non riscontrando alcuna condizione inibente.

Dott. Geologo Giorgio Bianchi
n.1776 Ord.Reg.Toscana

Carta di inquadramento topografico



Scala 1:10.000

Legenda

Area in studio

Carta Geomorfologica

Estratto della cartografia di P.S.I. approvato con D.C.C. 30 del 28/03/2023

Scala 1:5.000

Legenda

Area in studio

Cresta di cordone dunale

FORME E DEPOSITI DI ORIGINE EOLICA

Deposito eolico

FORME E DEPOSITI DI ORIGINE MARINA

Spiaggia Sabbie

DEPOSITI LACUSTRI, PALUSTRI, LAGUNARI E DI COLMATA

Deposito palustre

FORME E DEPOSITI DI ORIGINE EOLICA

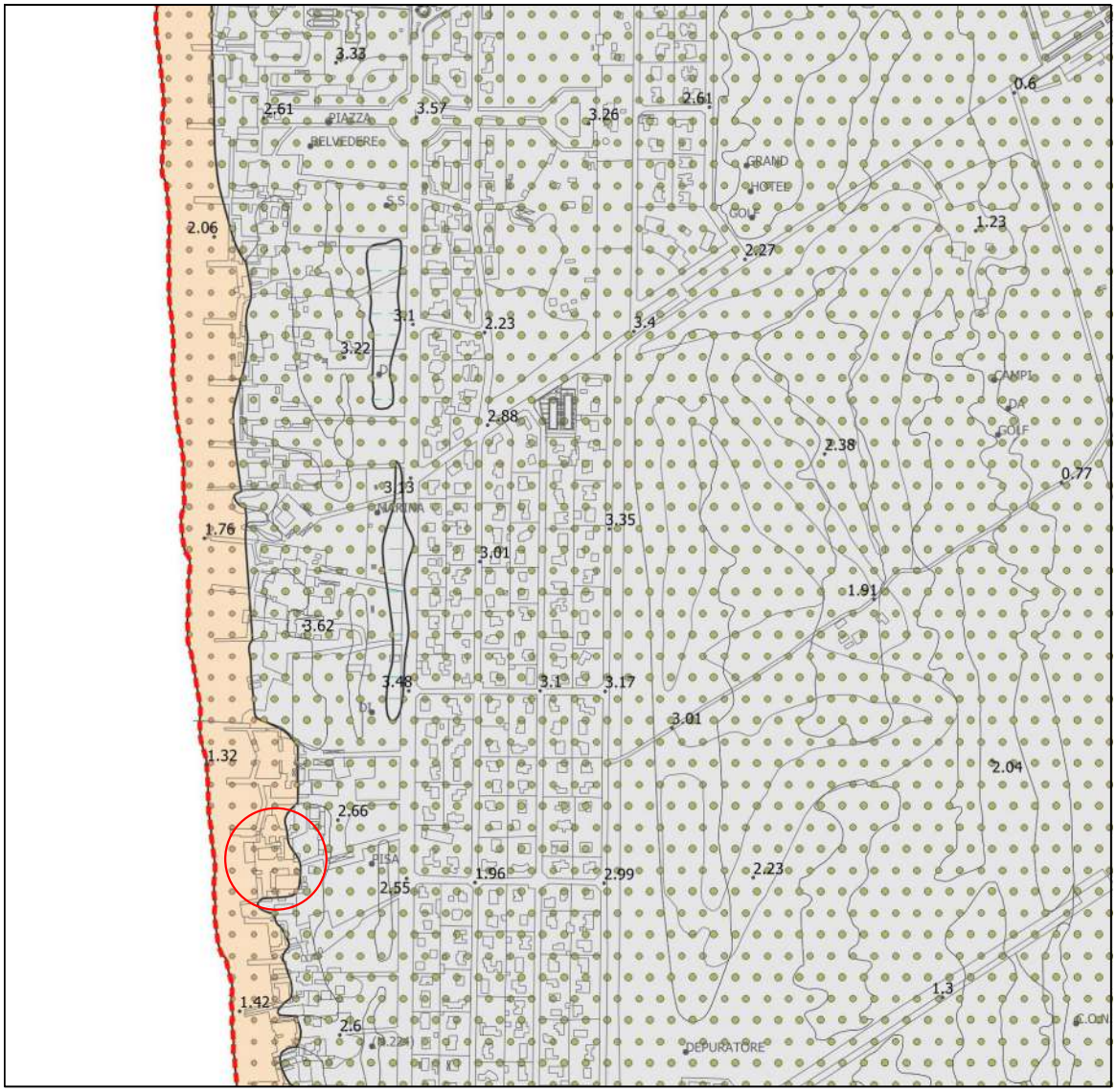
Depressione interdunale

Paleorilievo della pianura alluvionale

Area a dune - indeterminato

Carta Geologica

Estratto della cartografia di P.S.I. approvato con D.C.C. 30 del 28/03/2023



Scala 1:10.000

Legenda

Area in studio

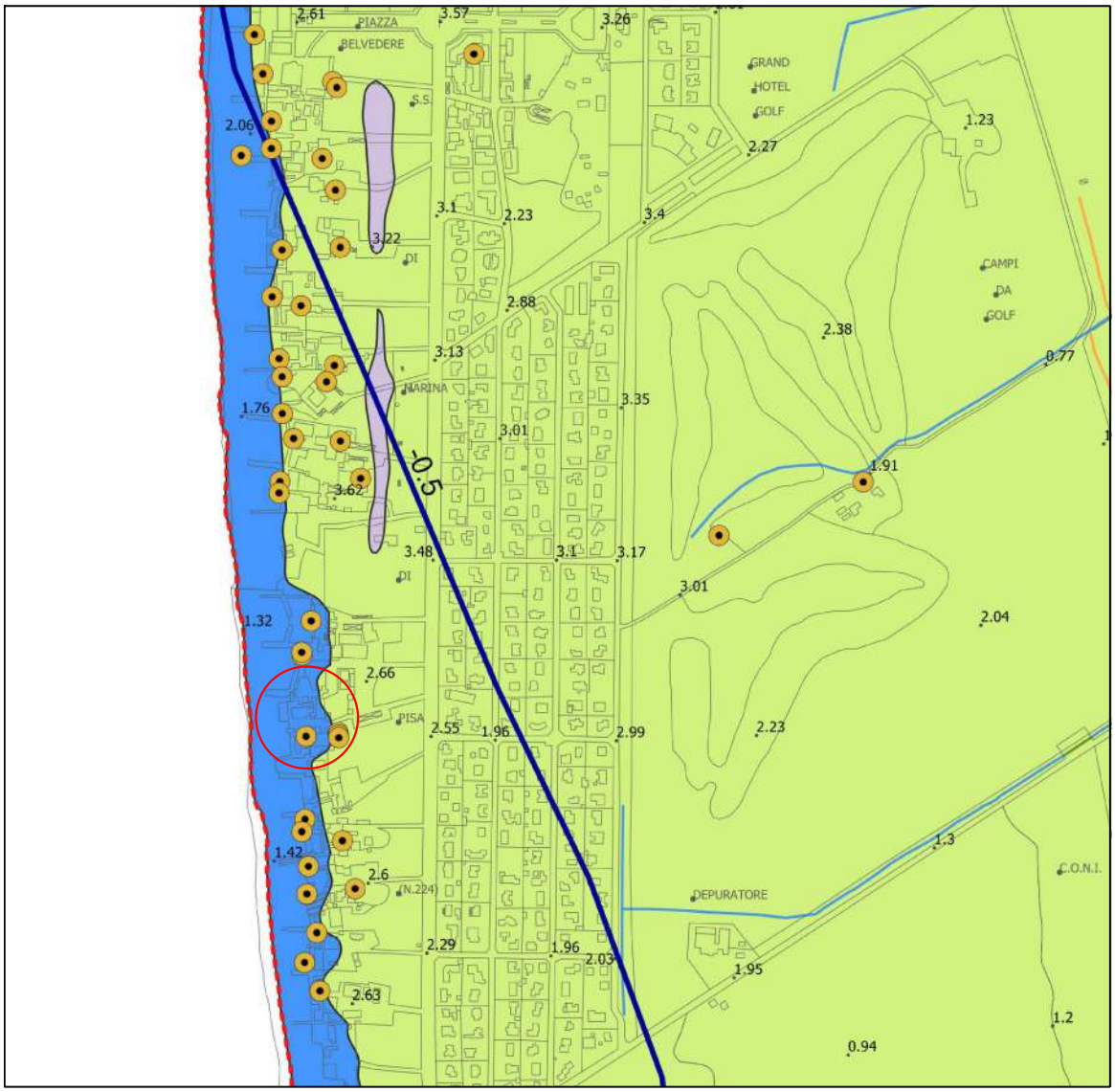
Depositi eolici e di spiaggia

Depositi di spiaggia emersa: sabbie medie - g2a

Depositi eolici: sabbie da medie a fini - da

Carta Idrogeologica

Estratto della cartografia di P.S.I. approvato con D.C.C. 30 del 28/03/2023



Scala 1:10.000

Legenda

Area in studio

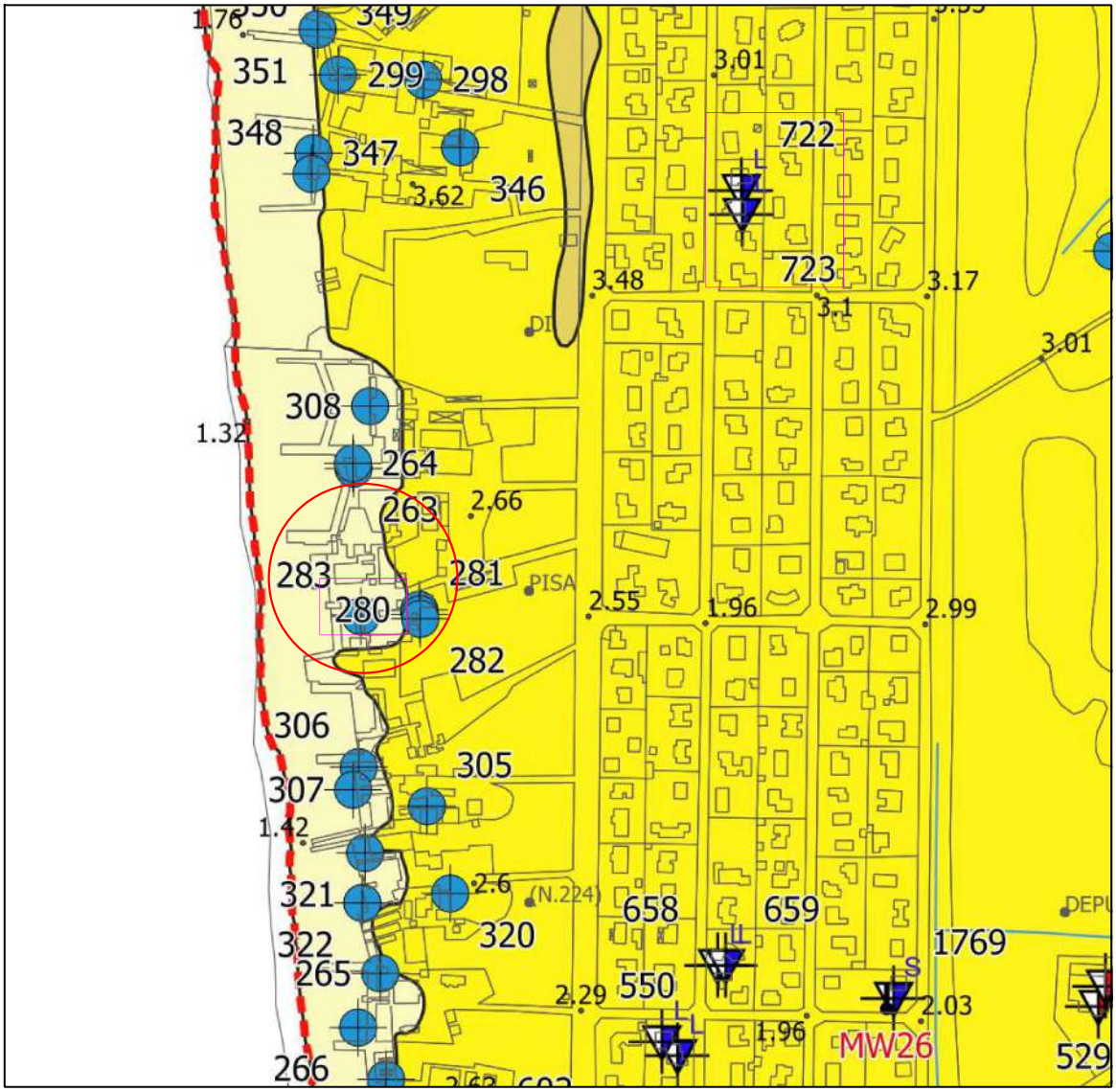
CLASSI DI PERMEABILITA'

- MOLTO-BASSA
- BASSA
- MEDIO-BASSA
- MEDIA
- MEDIO-ALTA
- ALTA

- Pozzo dismesso
- Pozzo (altri usi)
- Idrovora

Carta dei Dati di Base

Estratto della cartografia di P.S.I. approvato con D.C.C. 30 del 28/03/2023



Scala 1:5.000

Legenda

Area in studio

Indagini portate a riferimento

UNITA' LITOLOGICO-TECNICA "E"
Terreni granulari non cementati o poco cementati

Unità E3.a4 - Depositi quaternari di spiaggia emersa
Granulometria dominante: sabbie medie da poco addensate a sciolte

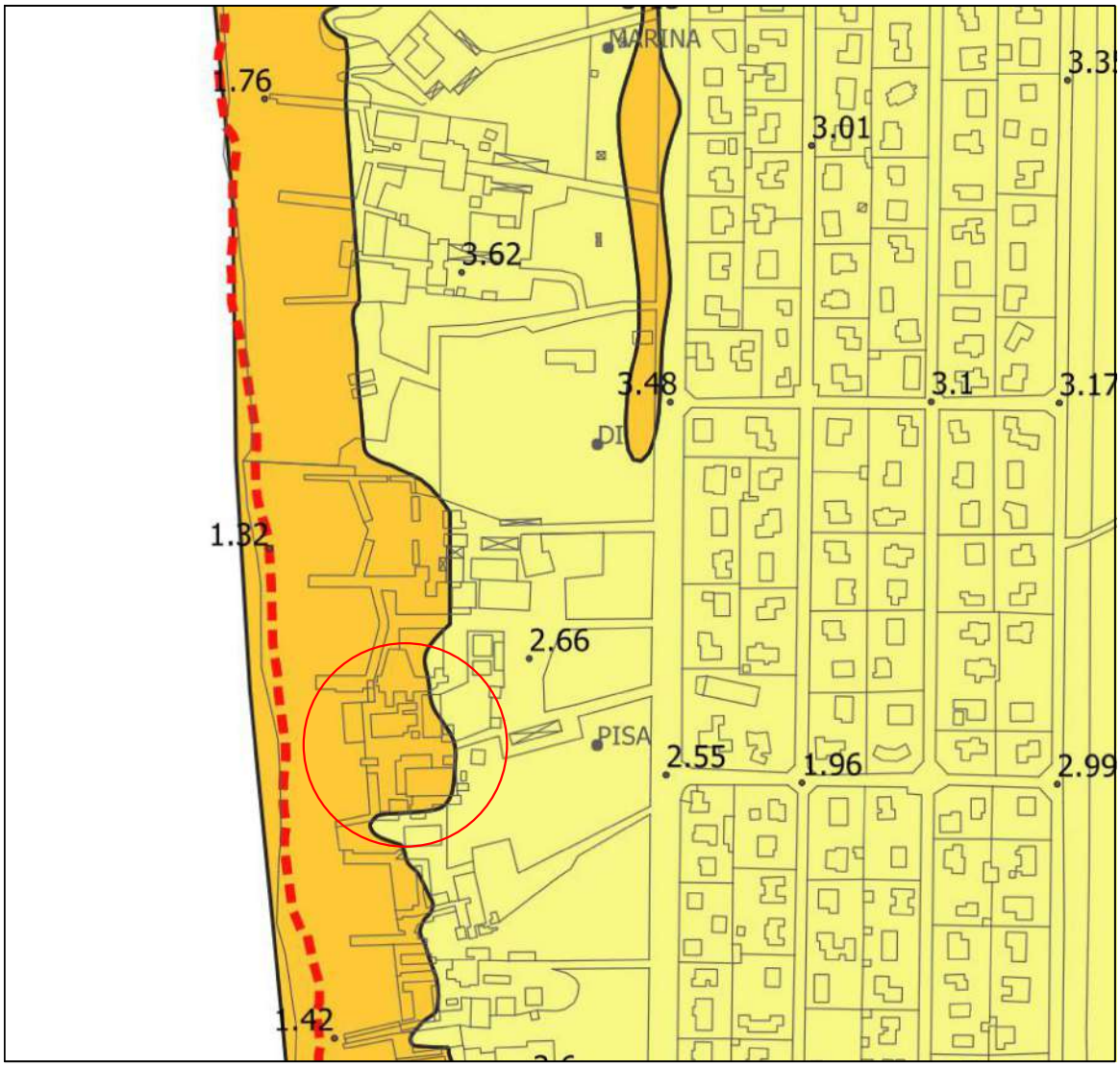
Unità E3.a2.t3 - Depositi quaternari di cordone litorale
Granulometria dominante: sabbie da medie a fini moderatamente addensate con presenza di frazione interstiziale coesiva

DATI DI BASE

- CPT - Prova penetrometrica statica con punta meccanica
- CPTE - Prova penetrometrica statica con punta elettrica
- CPTU - Prova penetrometrica statica con piezocono
- DL - Prova penetrometrica dinamica leggera
- DM - Prova penetrometrica dinamica media
- DP - Prova penetrometrica dinamica pesante
- DPSH - Prova penetrometrica dinamica superpesante
- SCPT - Prova penetrometrica con cono sismico
- DH - Prova sismica in foro tipo Downhole
- S - Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
- PA - Pozzo per acqua
- SC- Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni

Carta della Pericolosità Geomorfologica

Estratto della cartografia di P.S.I. approvato con D.C.C. 30 del 28/03/2023



Scala 1:5.000

Legenda

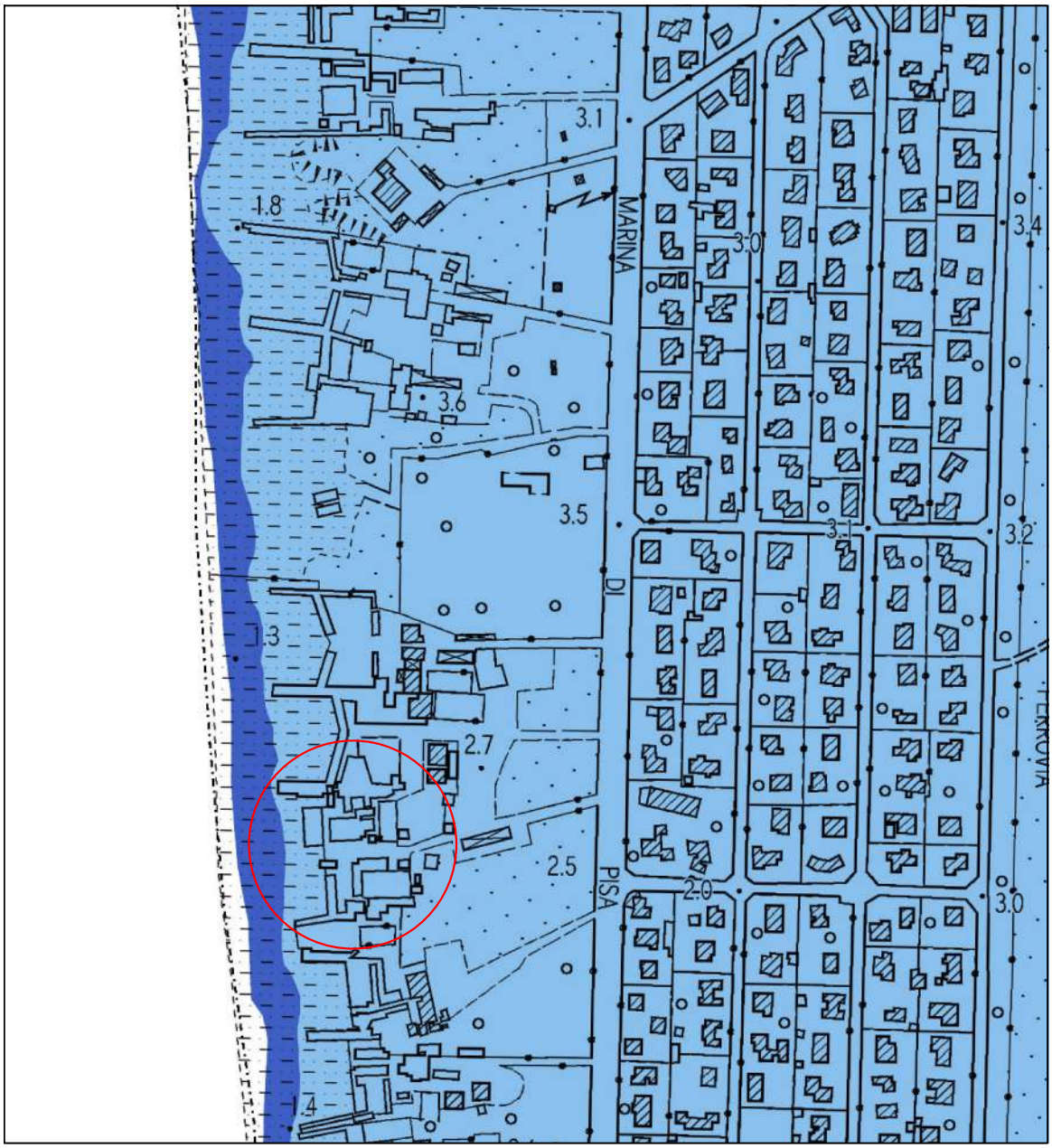
Area in studio

Pericolosità geologica

- G1 - Pericolosità geologica bassa: aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi
- G2 - Pericolosità geologica media: aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto
- G3 - Pericolosità geologica elevata: aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, noché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche
- G4 - Pericolosità geologica molto elevata: aree in cui sono presenti fenomeni attivi di tipo erosivo e relative aree di evoluzione
- Limite delle aree soggette a fenomeni di subsidenza
- Limiti amministrativi

Carta del Piano Gestione Rischio Alluvioni

Approvato con D.P.C.M. 27 Ottobre 2016



Scala 1:5.000

Legenda

Area in studio

Pericolosità Dominio Fluviale

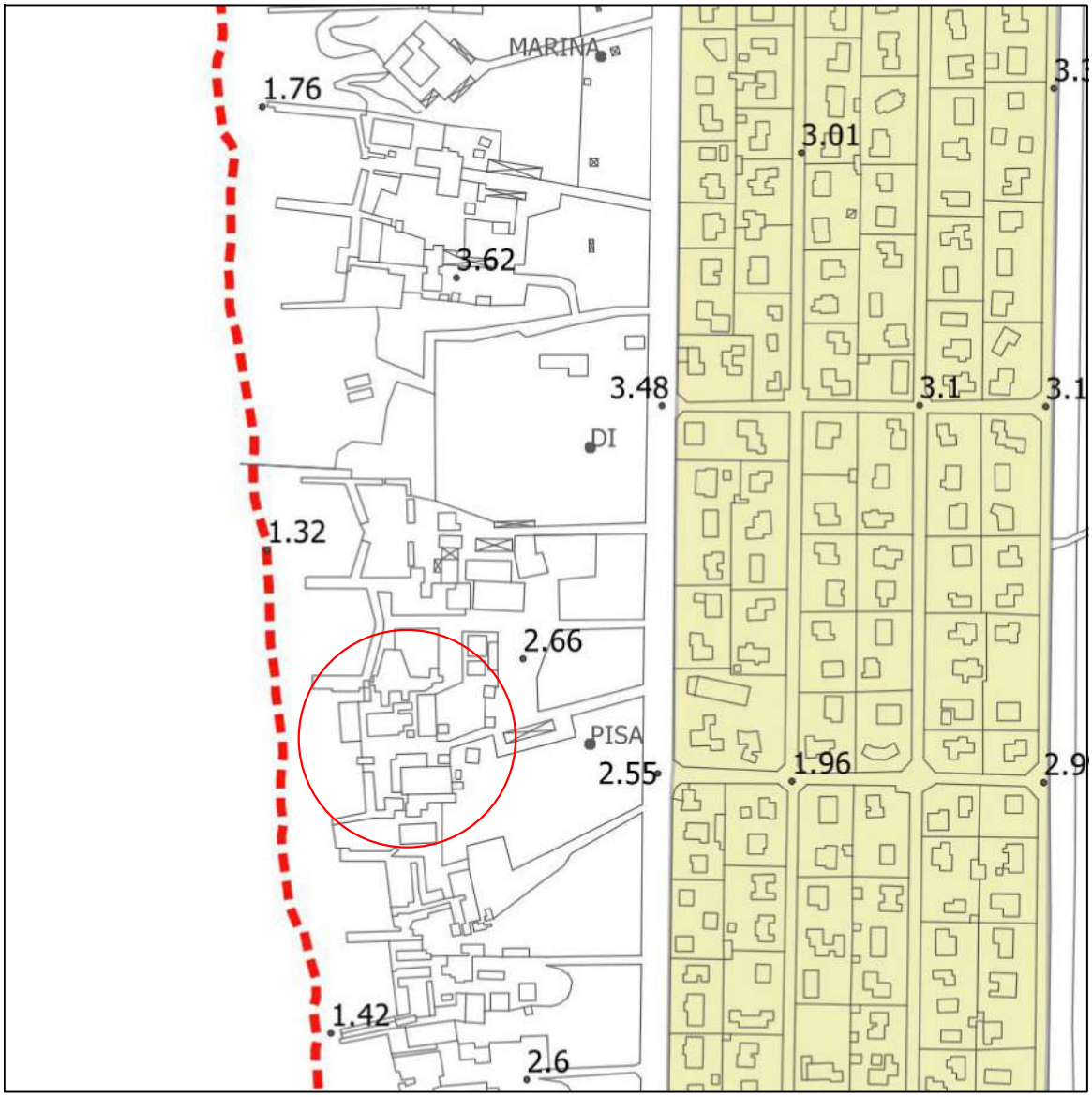
- P1
- P2
- P3

Pericolosità Dominio Costiero

- P2
- P3

Carta della Pericolosità Sismica

Estratto della cartografia di P.S.I. approvato con D.C.C. 30 del 28/03/2023



Scala 1:5.000

Legenda

Area in studio

S2 - Pericolosità sismica locale media:
zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

S3 - Pericolosità sismica locale elevata:
zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi;
zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri;
terreni suscettibili di liquefazione dinamica

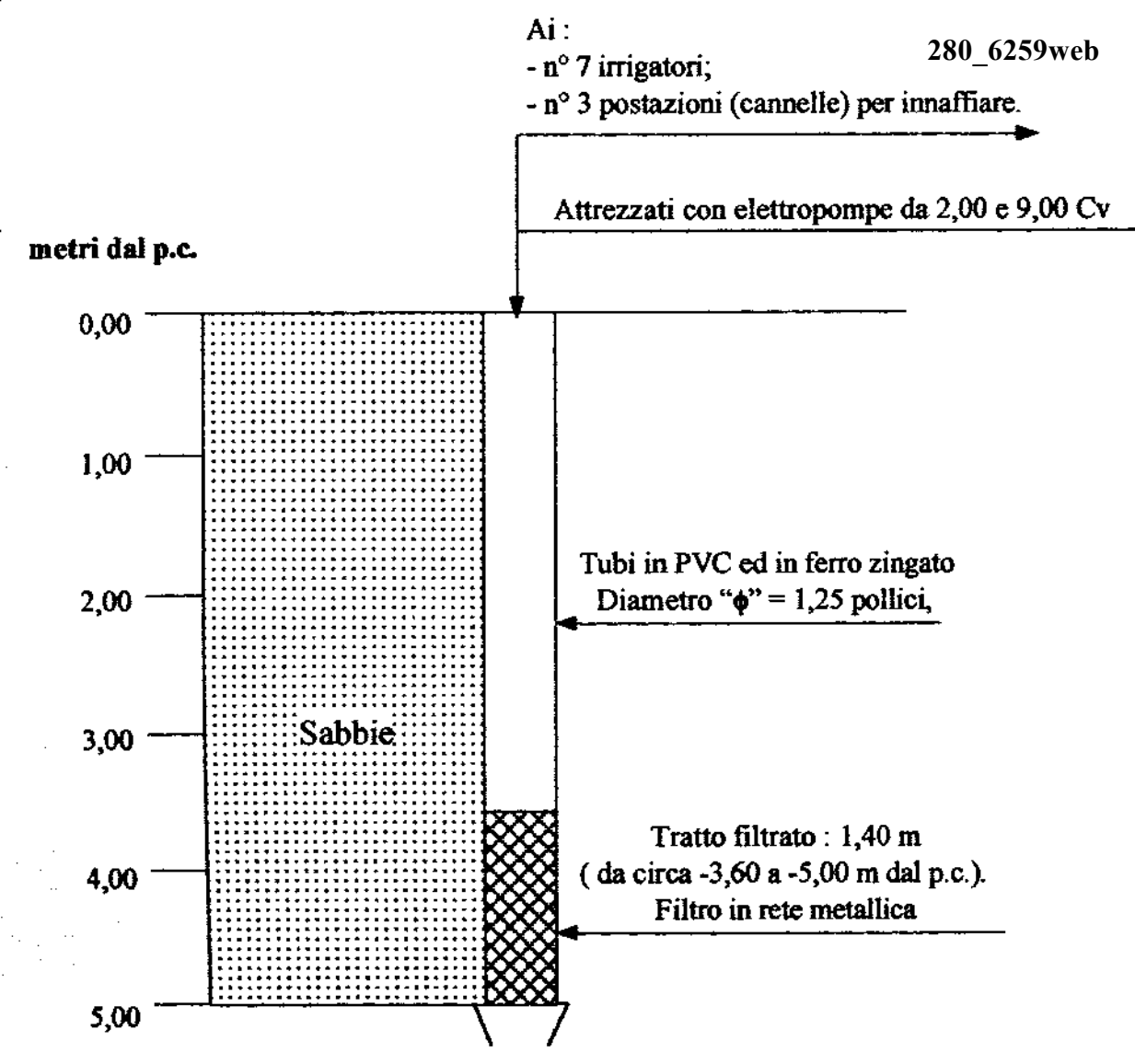
Limite aree MOPS

Limiti amministrativi

Allegato 1

Stratigrafia pozzo Directory 280 Dati di Base

280_6259web


Ai :
- n° 7 irrigatori;
- n° 3 postazioni (cannelle) per innaffiare.
Attrezzati con elettropompe da 2,00 e 9,00 Cv
metri dal p.c.
0,00
1,00
2,00
3,00
4,00
5,00
Sabbie
Tubi in PVC ed in ferro zingato
Diametro "ϕ" = 1,25 pollici,
Tratto filtrato : 1,40 m
(da circa -3,60 a -5,00 m dal p.c.).
Filtro in rete metallica

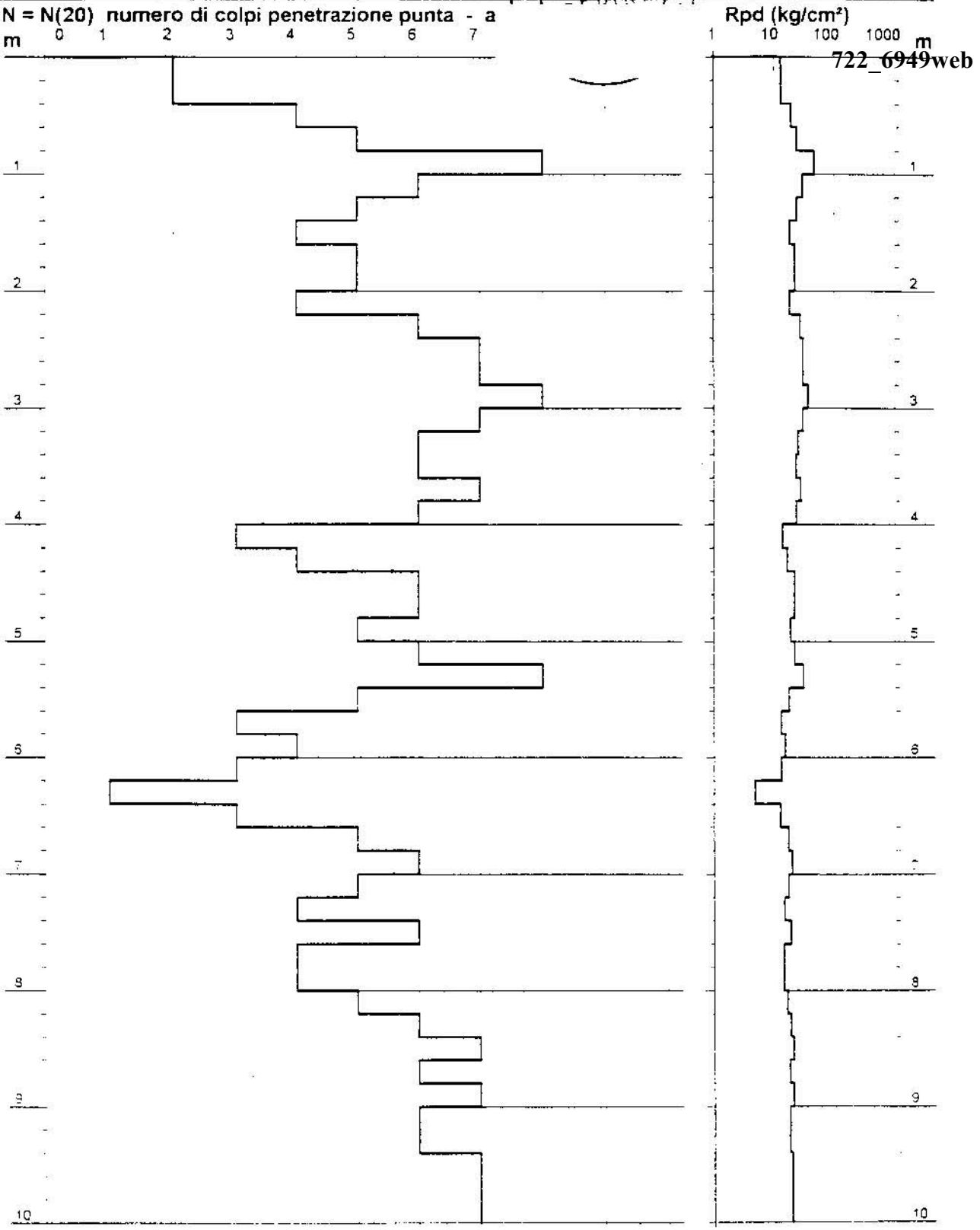
Allegato 2

Elaborati prove penetrometriche Directory 722-723 Dati di Base

722_6949web

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	2	21,0	----	1	5,00 - 5,20	6	43,5	----	6
0,20 - 0,40	2	21,0	----	1	5,20 - 5,40	8	58,1	----	6
0,40 - 0,60	4	38,6	----	2	5,40 - 5,60	5	34,2	----	7
0,60 - 0,80	5	48,2	----	2	5,60 - 5,80	3	20,5	----	7
0,80 - 1,00	8	77,1	----	2	5,80 - 6,00	4	27,3	----	7
1,00 - 1,20	6	57,9	----	2	6,00 - 6,20	3	20,5	----	7
1,20 - 1,40	5	48,2	----	2	6,20 - 6,40	1	6,8	----	7
1,40 - 1,60	4	35,6	----	3	6,40 - 6,60	3	19,4	----	8
1,60 - 1,80	5	44,6	----	3	6,60 - 6,80	5	32,3	----	8
1,80 - 2,00	5	44,6	----	3	6,80 - 7,00	6	38,7	----	8
2,00 - 2,20	4	35,6	----	3	7,00 - 7,20	5	32,3	----	8
2,20 - 2,40	6	53,5	----	3	7,20 - 7,40	4	25,8	----	8
2,40 - 2,60	7	58,0	----	4	7,40 - 7,60	6	36,7	----	9
2,60 - 2,80	7	58,0	----	4	7,60 - 7,80	4	24,5	----	9
2,80 - 3,00	8	66,3	----			4	24,5	----	9
3,00 - 3,20	7	58,0	----			5	30,6	----	9
3,20 - 3,40	6	49,7	----			6	36,7	----	9
3,40 - 3,60	6	46,4	----			7	40,7	----	10
3,60 - 3,80	7	54,1	----			6	34,9	----	10
3,80 - 4,00	6	46,4	----			7	40,7	----	10
4,00 - 4,20	3	23,2	----			6	34,9	----	10
4,20 - 4,40	4	30,9	----			6	34,9	----	10
4,40 - 4,60	6	43,5	----			7	38,8	----	11
4,60 - 4,80	6	43,5	----	6	9,60 - 9,80	7	38,8	----	11
4,80 - 5,00	5	36,3	----	6	9,80 - 10,00	7	38,8	----	11

- PENETROMETRO DINAMICO tipo TG 63-100 ISM.C
- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,43 cm² - D(diam. punta)= 51,00 mm
- Numero Colpi Punta N = N(20) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione NO

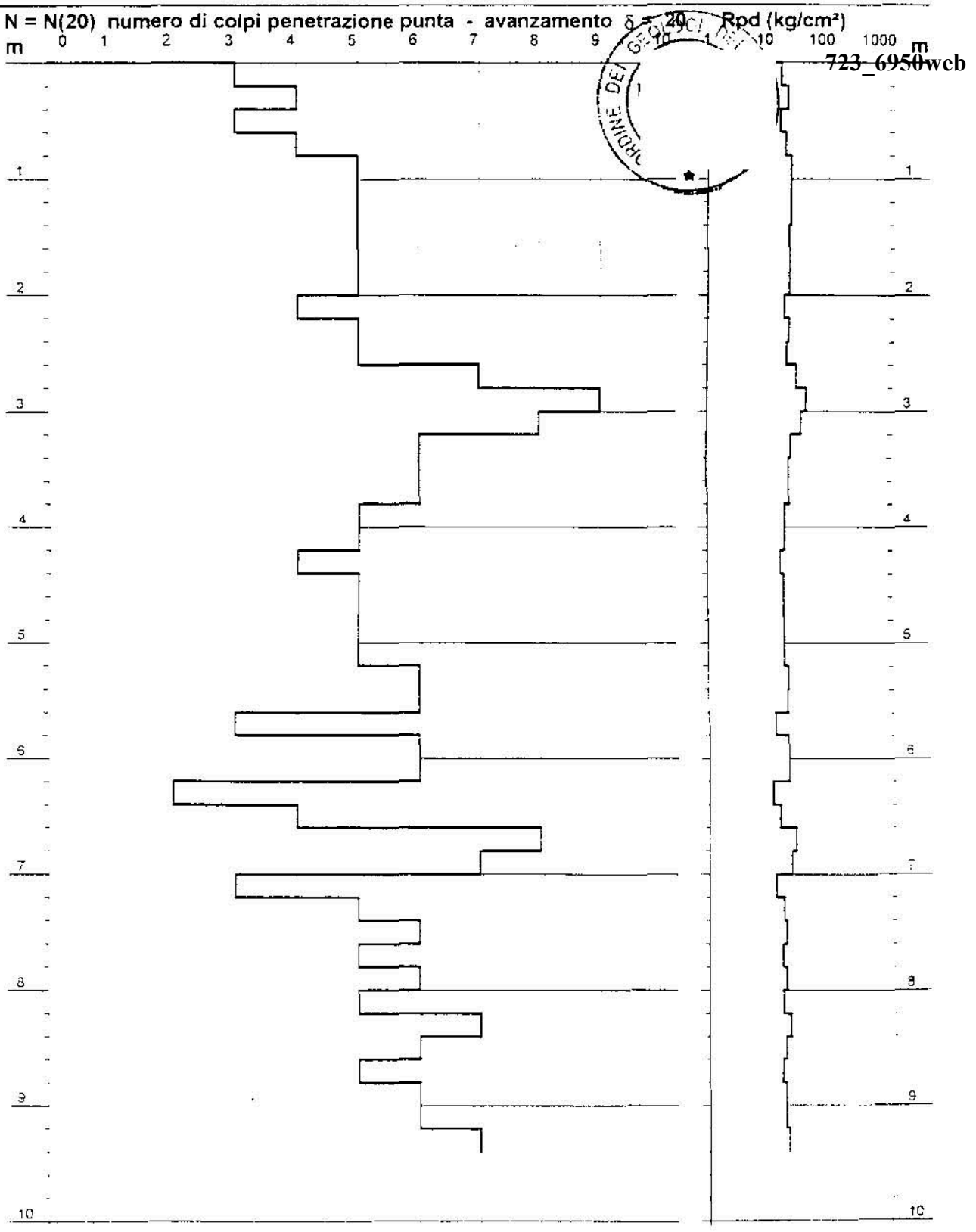


- PENETROMETRO DINAMICO tipo TG 63-100 ISM.C
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione NO

723_6950web

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	3	31,5	----	1	4,80 - 5,00	5	36,3	----	6
0,20 - 0,40	4	42,0	----	1	5,00 - 5,20	5	36,3	----	6
0,40 - 0,60	3	28,9	----	2	5,20 - 5,40	6	43,5	----	6
0,60 - 0,80	4	38,6	----	2	5,40 - 5,60	6	41,0	----	7
0,80 - 1,00	5	48,2	----			3	20,5	----	7
1,00 - 1,20	5	48,2	----			6	41,0	----	7
1,20 - 1,40	5	48,2	----			6	41,0	----	7
1,40 - 1,60	5	44,6	----			2	13,7	----	7
1,60 - 1,80	5	44,6	----			4	25,8	----	8
1,80 - 2,00	5	44,6	----			8	51,7	----	8
2,00 - 2,20	4	35,6	----			7	45,2	----	8
2,20 - 2,40	5	44,6	----			3	19,4	----	8
2,40 - 2,60	5	41,4	----			5	32,3	----	8
2,60 - 2,80	7	58,0	----	4	7,40 - 7,60	6	36,7	----	9
2,80 - 3,00	9	74,5	----	4	7,60 - 7,80	5	30,6	----	9
3,00 - 3,20	8	66,3	----	4	7,80 - 8,00	6	36,7	----	9
3,20 - 3,40	6	49,7	----	4	8,00 - 8,20	5	30,6	----	9
3,40 - 3,60	6	46,4	----	5	8,20 - 8,40	7	42,8	----	9
3,60 - 3,80	6	46,4	----	5	8,40 - 8,60	6	34,9	----	10
3,80 - 4,00	5	38,7	----	5	8,60 - 8,80	5	29,1	----	10
4,00 - 4,20	5	38,7	----	5	8,80 - 9,00	6	34,9	----	10
4,20 - 4,40	4	30,9	----	5	9,00 - 9,20	6	34,9	----	10
4,40 - 4,60	5	36,3	----	6	9,20 - 9,40	7	40,7	----	10
4,60 - 4,80	5	36,3	----	6					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**
- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



723_6950web

- PENETROMETRO DINAMICO tipo TG 63-100 ISM.C
- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,43 cm² - D(diam. punta)= 51,00 mm
- Numero Colpi Punta N = N(20) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

Software by Dr.O.MERLIN - 0425/840820

Allegato 3

Relazione tecnica indagine sismica MASW di riferimento

INDAGINE SISMICA
MASW
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

RELAZIONE TECNICA

Committente: Bagno Luana

Località: Tirrenia - Pisa

Data: Novembre 2009

I N D I C E

Premessa 3

1. Indagini sismiche MASW 3

1.1 Risultati delle indagini MASW 5

2 Categoria del suolo di fondazione (D.M. 14/01/2008)..... 7

****

Premessa

Per incarico del *Bagno Luana* è stata effettuata una campagna geognostica attraverso l'esecuzione di n°1 prove MASW in Località Tirrenia, nel Comune di Pisa.

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

1. Indagini sismiche MASW

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

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

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

profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidezza del suolo.

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

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002): (1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson u), la densità di massa r degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson u, la densità di massa r e si variano lo spessore h e la velocità Vs degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità Vs e degli spessori h, cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (Roma, 2002, Roma, 2001, Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio Vs e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30m di

profondità Vs30 e quindi individuare la categoria sismica del suolo. Si ricordi quanto già è stato sottolineato in precedenza riguardo alla necessità di avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo, prima di poter procedere alla classificazione sismica nel caso si sospetti la presenza di suoli di tipo S1 o S2.

1.1 Risultati delle indagini MASW

Dati di acquisizione:

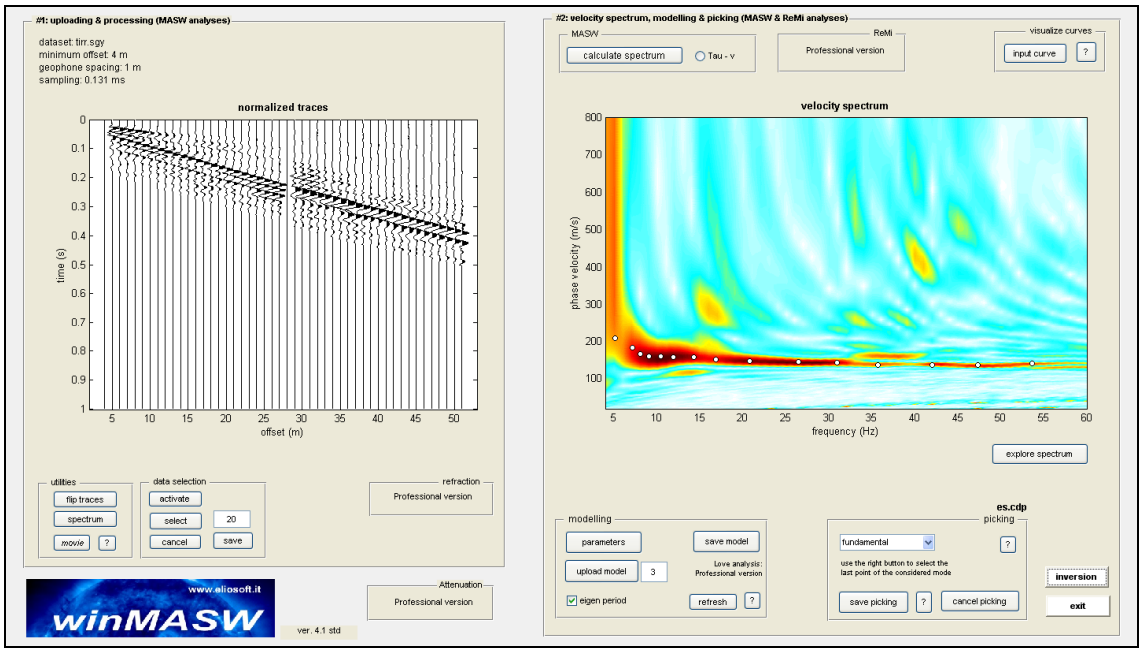
N° geofoni = 48

interasse geofoni = 1 m

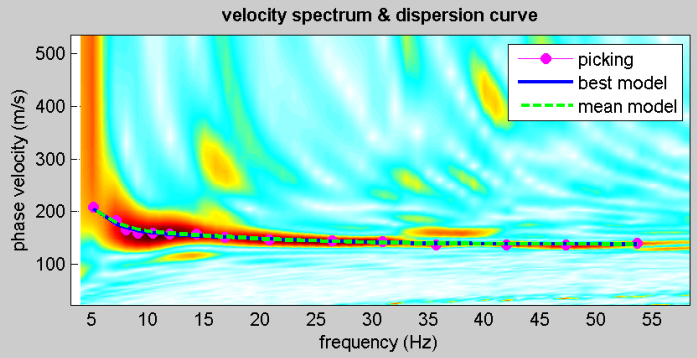
lunghezza degli stendimenti = 48 m

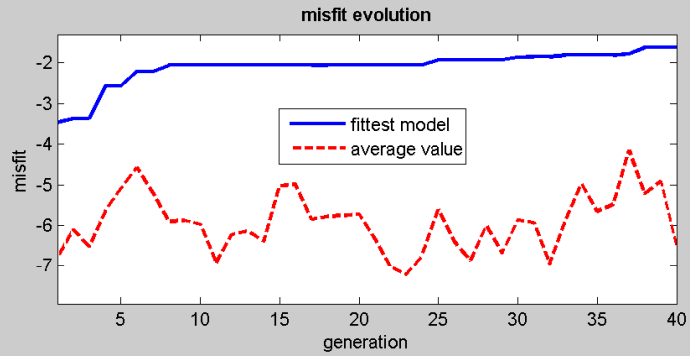
sorgente: mazza battente da 10kg.

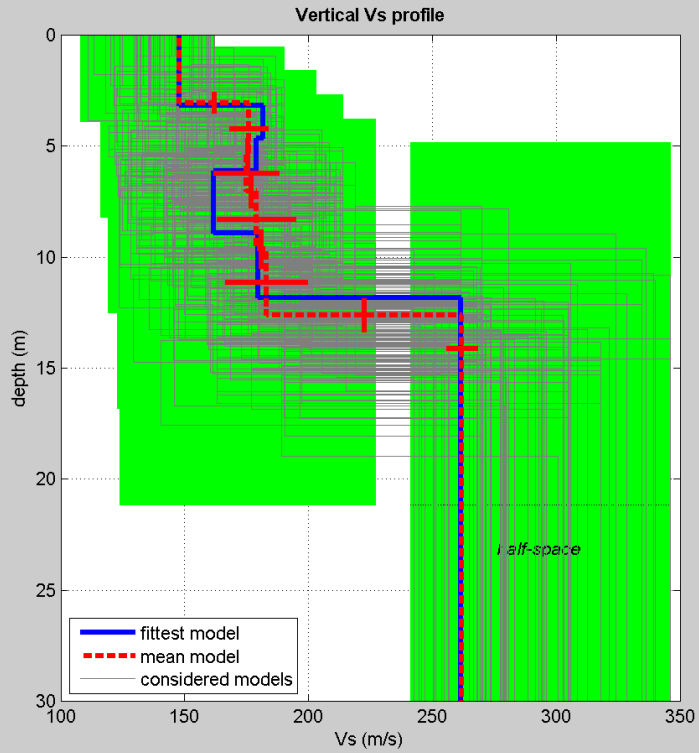
Elaborazione MASW 1



Elaborazione MASW 1





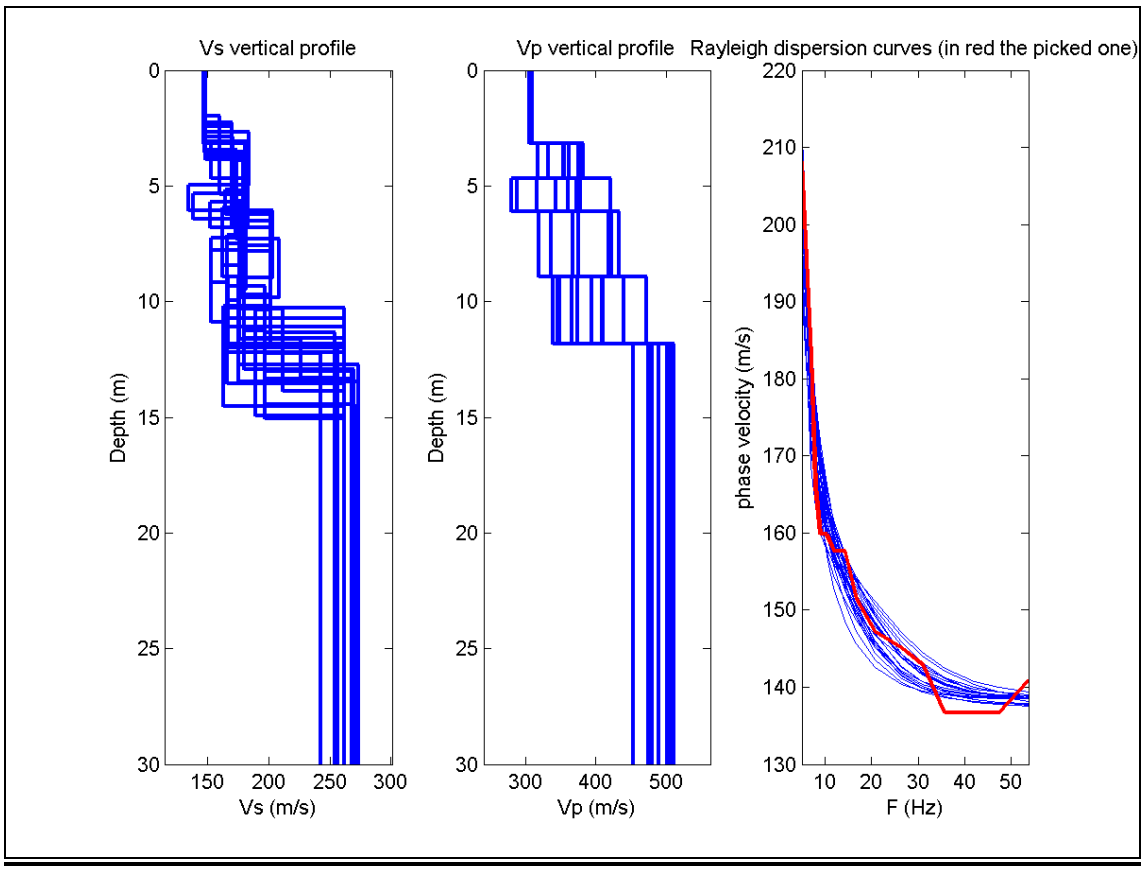


dataset: tirr.sgy

dispersion curve: es.cdp

VS30 (best model): 213 m/s

VS30 (mean model): 214 m/s



Modello medio

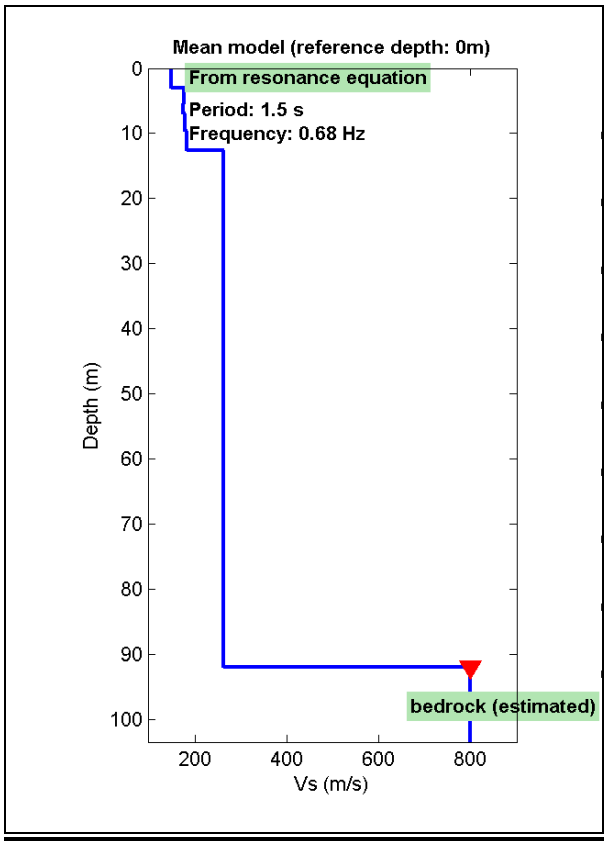
Vs (m/s): 148, 176, 175, 179, 183, 262
Standard deviations (m/s): 1, 8, 13, 16, 17, 6
Thickness (m): 3.1, 2.4, 1.6, 2.6, 3.0
Standard deviations (m/s): 0.5, 0.8, 0.7, 0.9, 0.8

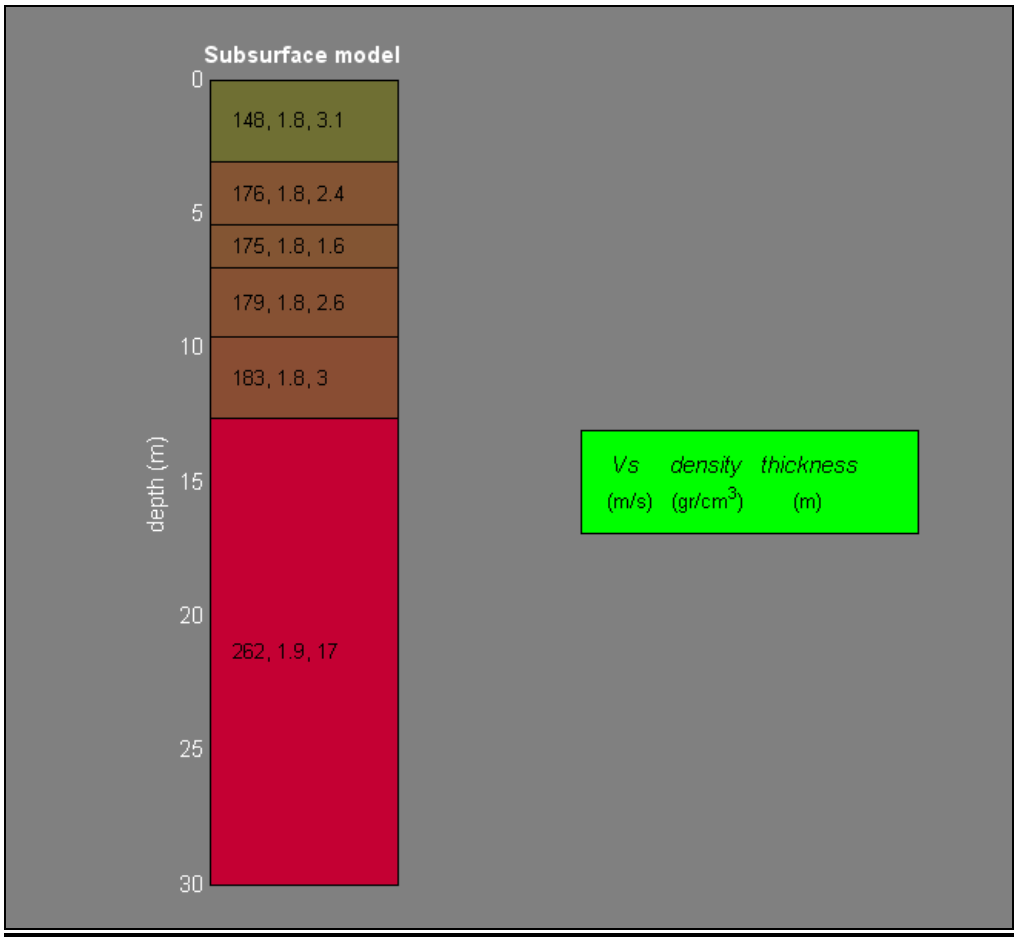
Density (gr/cm3): 1.77, 1.81, 1.81, 1.82, 1.82, 1.88
Shear modulus (MPa): 39, 56, 55, 58, 61, 129

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli
Vp (m/s): 308, 366, 364, 373, 381, 490
Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.30
Bulk modulus (MPa): 116, 168, 166, 175, 183, 280
Young's modulus (MPa): 105, 151, 150, 157, 165, 336
Lamé (MPa): 90, 130, 129, 136, 142, 193

VS30 (m/s): 214


Mean model (reference depth: 0m)
From resonance equation
Period: 1.5 s
Frequency: 0.68 Hz
bedrock (estimated)
Depth (m)
Vs (m/s)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
400
600
800


Subsurface model
148, 1.8, 3.1
176, 1.8, 2.4
175, 1.8, 1.6
179, 1.8, 2.6
183, 1.8, 3
262, 1.9, 17
depth (m)
0
5
10
15
20
25
30
Vs (m/s)
density (gr/cm3)
thickness (m)

2 Categoria del suolo di fondazione (D.M. 14/01/2008)

Per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, nella nuova normativa viene evidenziato come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio Vsh all'interno delle coperture.

Nelle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione a diversa rigidezza sismica, caratterizzate da velocità Vs30 (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione,con spessore massimo pari a 3 m.

B) Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica Nspt > 50 nei terreni a grana grossa e coesione non drenata cu > 250 kPa nei terreni a grana fina).

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 Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < Nspt < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D) Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E) Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle classificazioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Considerato che i terreni sono caratterizzati da Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec, si iscrive il terreno di fondazione nella categoria di **profilo stratigrafico 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 Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < Nspt < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu < 250 kPa nei terreni a grana fina).

****

San Giuliano Terme (PI),

Novembre 2009

Gaia Servizi
per il Territorio e l'Ambiente s.n.c.

Dott. Jacopo Martini

Allegato 4

Report di calcolo delle verifiche a liquefazione

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI:

EPC EDITORE

H_{falda} (m) =	2	a_{max}/g =	0,212	M_W =	4,75

R (km) =	7,24

DIAMETRO PERFORAZIONE (ϕ)=	35,7	(mm)

Committente: BAGNO FLORIDA

Riferimento: VIALE DEL TIRRENO 44

Località: TIRRENIA - COMUNE DI PISA **Prov.:** PI

Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

METODI EMPIRICI

- Kishida (1969)
- Ohsaki (1969-1970)
- Durville et al. (1985)
- Law et al. (1990)

METODI TABELLARI

- Sherif e Ishibashi (1978)
- Youd e Perkins (1978)
- Iwasaki et al., (1982)
- Youd et al. (1979)

METODI SEMPLIFICATI

DA PROVE SPT
ATTIVA SCELTA

DA PROVE CPT
ATTIVA SCELTA

DA PROVE SISMICHE
ATTIVA SCELTA

DA PROVE DTM/SDTM
ATTIVA SCELTA

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{falda}	=	2
a_{max}/g	=	0,212
R	=	7,24
M_W	=	4,75

EPC EDITORE

TEORIE DI CALCOLO

ANDRUS E STOKOE (2000)

STRATIGRAFIA TERRENO

$S_{TOT.}$	9,70

PRIMO STRATO			H_1	=	3,1
Parametri da inserire			Parametri calcolati		
H_1	=	3,1	γ_{H2O}	=	1,00
γ	=	1,77	σ_{vo}	=	0,55
V_S	=	148	$\sigma_{vo'}$	=	0,44
V_{S1C}	=	215	P.neutra	=	0,11
S_1	=	3,1	r_d	=	0,98
FC	=	5	K_c	=	0,80
V_{S1}	=	181,85			

SECONDO STRATO			H_2	=	5,5
Parametri da inserire			Parametri calcolati		
H_2	=	5,5	γ_{H2O}	=	1,00
γ	=	1,81	σ_{vo}	=	1,00
V_S	=	176	$\sigma_{vo'}$	=	0,65
V_{S1C}	=	215,0	P.neutra	=	0,35
S_2	=	2,4	r_d	=	0,96
FC	=	5	K_c	=	0,80
V_{S1}	=	196,35			

TERZO STRATO			H_3	=	7,1
Parametri da inserire			Parametri calcolati		
H_3	=	7,1	γ_{H2O}	=	1,00
γ	=	1,81	σ_{vo}	=	1,29
V_S	=	175	$\sigma_{vo'}$	=	0,78
V_{S1C}	=	215	P.neutra	=	0,51
S_3	=	1,6	r_d	=	0,95
FC	=	5	K_c	=	0,80
V_{S1}	=	186,51			

QUARTO STRATO			H_4	=	9,7
Parametri da inserire			Parametri calcolati		
H_4	=	9,7	γ_{H2O}	=	1,00
γ	=	1,82	σ_{vo}	=	1,77
V_S	=	179	$\sigma_{vo'}$	=	1,00
V_{S1C}	=	215	P.neutra	=	0,77
S_4	=	2,6	r_d	=	0,92
FC	=	5	K_c	=	0,80
V_{S1}	=	179,21			

Committente:	BAGNO FLORIDA
Riferimento:	VIALE DEL TIRRENO 44
Località:	TIRRENIA - COMUNE DI PISA
Prov.:	PI
Oggetto:	STUDIO GEOLOGICO

MENU PRINCIPALE

ANALISI METODO

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE SISMICHE)

EPC EDITORE

METODO DI ANDRUS E STOKOE (2000)

FORMULE:

$$V_{S1} = V_S \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{vo}}\right)^{0,25}$$

$$CRR = 0{,}022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{S1}}{100}\right)^2 + \frac{2.8}{(V_{S1C} - K_c \cdot V_{S1})} - \frac{2.8}{V_{S1C}}$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

RISULTATI:

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
Spessore	3,1	2,4	1,6	2,6
V_{S1}	181,853	196,353	186,508	179,206
CRR	0,074	0,090	0,079	0,071
Mw = 4,75 *CSR*	0,037	0,045	0,048	0,050
r_d	0,98	0,96	0,95	0,92
1 < *Fs = CRR/CSR* Mw = 4,75 *Fs*	1,981	1,987	1,640	1,436
	Verificato	Verificato	Verificato	Verificato
1,25 < *Fs = CRR/CSR* Mw = 4,75 *Fs (NCT08)*	1,981	1,987	1,640	1,436
	Verificato	Verificato	Verificato	Verificato
RISCHIO *di Liquefazione* (Iwasaki et.al.,1978)	**Molto Basso**			
PROBABILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001) [P_L (%)]	0,03	0,03	0,06	0,09
SUSCETTIBILITA' *di Liquefazione* (Juang et. al., 2001)	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta

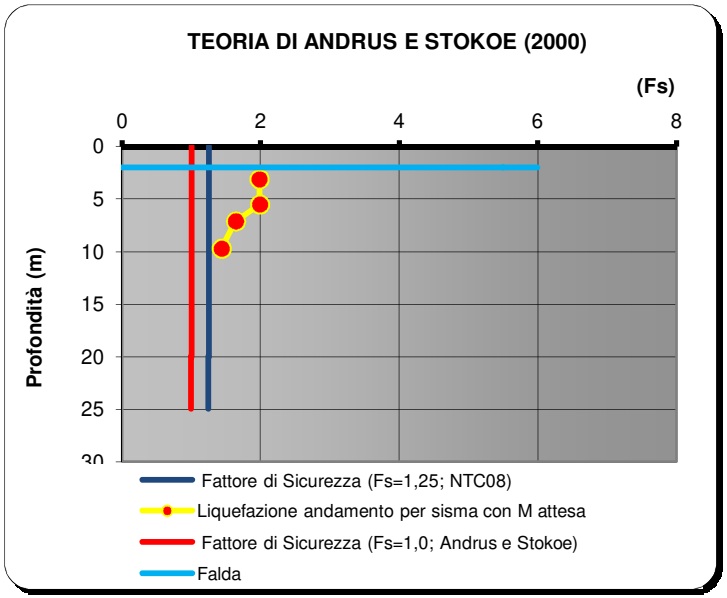
Committente: BAGNO FLORIDA

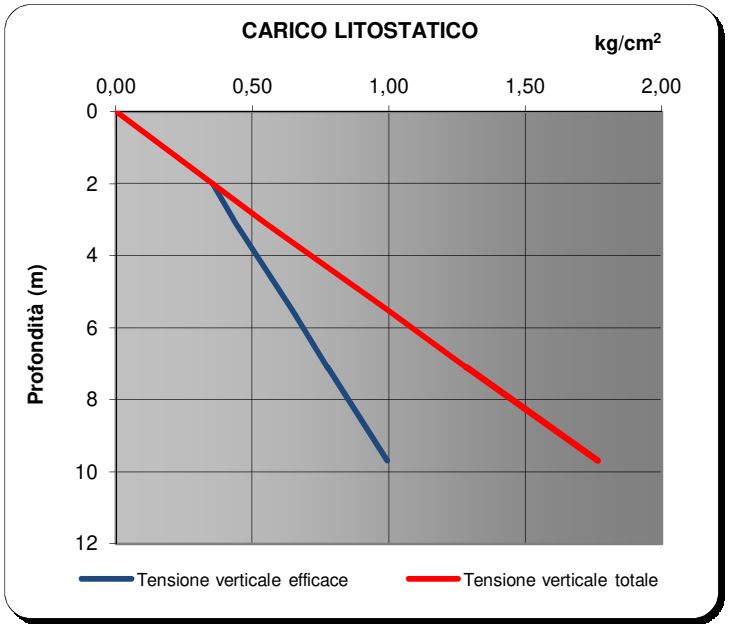
Riferimento: VIALE DEL TIRRENO 44

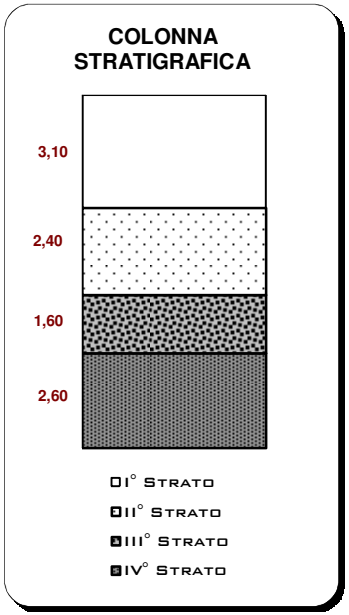
Località: TIRRENIA - COMUNE DI PISA **Prov.:** PI

Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

STRATIGRAFIA 4


TEORIA DI ANDRUS E STOKOE (2000)
(Fs)
0
2
4
6
8
Profondità (m)
0
5
10
15
20
25
30
Fattore di Sicurezza (Fs=1,25; NTC08)
Liquefazione andamento per sisma con M attesa
Fattore di Sicurezza (Fs=1,0; Andrus e Stokoe)
Falda


CARICO LITOSTATICO
kg/cm2
0,00
0,50
1,00
1,50
2,00
Profondità (m)
0
2
4
6
8
10
12
Tensione verticale efficace
Tensione verticale totale


COLONNA STRATIGRAFICA
3,10
2,40
1,60
2,60
I° Strato
II° Strato
III° Strato
IV° Strato