

**BEGGIATO GIANCARLO**

GEOLOGO  
**"GEOLOGIA TECNICA"**  
Indagini e relazioni  
**"IDROGEOLOGIA"**

Tel. (0574) 462613

Via A. Negri, 9  
59100 PRATO

**RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA' CON PRE-  
LIMINARE CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SI-  
SMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE PER UN PIANO  
ATTUATIVO DI MASSIMA PER LA REALIZZAZIONE DI  
FABBRICATI ARTIGIANALI/COMMERCIALI**

**Comune: PRATO - Località: Iolo – Macrolotto 1**

**Via A. Ghisleri / Via Bessi / Via Cipriani / Via Longobarda**

**Proponente: ESSE BI ESSE S.R.L.**



## INDICE

Premesse	Foglio n.	1
1. Geomorfologia e geologia	Foglio n.	2
2. Indagine geognostico-geofisica	Foglio n.	4
2.1 – Prove penetrometriche, sondaggio e litologia	Foglio n.	4
2.2 – Sismica Down Hole	Foglio n.	5
3. Idrogeologia	Foglio n.	5
4. Stratigrafia e parametri geotecnici	Foglio n.	6
5. Azione sismica	Foglio n.	8
5.1 – Vita nominale – Classe d’uso e coefficiente d’uso – Periodo di riferimento	Foglio n.	8
5.2 – Categoria di sottosuolo e condizione topografica	Foglio n.	9
5.3 – Azione sismica di base e locale del sito	Foglio n.	9
6. Rischio in caso di sisma e pericolosità	Foglio n.	11
6.1 – Microzonazione sismica	Foglio n.	13
7. Pericolosità e fattibilità	Foglio n.	14
7.1 – Analisi e approfondimenti	Foglio n.	15
7.2 – Valutazione di pericolosità	Foglio n.	16
7.3 – Condizioni di fattibilità	Foglio n.	16
8. Condizioni – Indicazioni	Foglio n.	18

### Allegati

- **Indagine geognostico-geofisica in area vicina**
  - Ubicazione aree (1:10.000)
  - Stratigrafia sondaggio
  - Diagrammi ed elaborazioni penetrometrie dinamiche DPSH
  - Sismica DH (diagrammi – relazione)

- Azione sismica
  - Determinazione dei parametri sismici
- Carta del R.U.
- Cartografia geologico-tecnica di supporto al P.S. (scala originale 1:10.000)
  - Carta idrogeologica
  - Carta della pericolosità geomorfologica
  - Carta della pericolosità sismica locale
  - Carta della pericolosità idraulica
  - Carta delle problematiche idrogeologiche
- Cartografia di microzonazione sismica
  - Carta geologico-tecnica
  - Carta delle frequenze
  - Carta delle isobate
  - Carta delle MOPS
- Carta del P.G.R.A. e del R.I. dell'A. di B. del F. Arno
- Stralci da tavole di progetto

BEGGIATO GIANCARLO  
GEOLOGO  
"GEOLOGIA TECNICA"  
per l'INGEGNERIA CIVILE

## PREMESSE

L'area oggetto della presente relazione è posta nel Comune di Prato, in località Iolo, al limite del Macrolotto 1; è compresa tra Via Ghisleri/Via Bessi/Via Cipriani/Via Longobarda; in particolare il lotto in oggetto è posto tra l'insediamento abitativo residenziale della frazione di Iolo ed il complesso artigianale/industriale, che si affaccia sulla Tangenziale all'altezza di suddetta frazione.

Allo stato attuale l'area è libera da strutture essendo stata destinata a deposito scoperto dell'Amministrazione Comunale.

Il progetto prevede la realizzazione di tre grandi fabbricati artigianali/commerciali per una superficie complessiva di ca. 20.000 mq. Si tratta di due capannoni allineati ed adiacenti, di forma rettangolare (ca. 30 x 225 m il primo, l'altro di poco inferiore); si sviluppano in due piani fuori terra, per un'altezza di 8,60 m sopra la copertura piana.

Il terzo capannone, anch'esso allineato ed adiacente ai precedenti, è di minori dimensioni (ca. 30 x 174 m), ma mantiene la stessa altezza ed uguale tipologia di copertura.

Committente è la Esse Bi Esse S.r.l.

Scopi della presente relazione sono:

- A) Studio preliminare geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico dell'area
- B) Verificare i gradi di fattibilità dell'intervento in progetto in relazione alle pericolosità dell'area interessata
- C) Fornire i parametri geotecnici di massima dei terreni di fondazione per una prima caratterizzazione
- D) Definire preliminarmente la categoria di sottosuolo, l'azione sismica di base e locale del sito
- E) Dare indicazioni per le strutture fondali più idonee, anche in relazione alla loro quota di imposta
- F) Fornire suggerimenti per eventuali opere di scavo delle terre e di drenaggio delle acque.

A tali scopi sono eseguiti:

- 1) Ricognizione preliminare di tutta l'area
- 2) Sopralluogo e rilievo di dettaglio del lotto in oggetto
- 3) Consultazione della Carta Geologica Regionale
- 4) Consultazione degli studi geologico-tecnici di supporto al P.S.
- 5) Riferimento ad una indagine geognostica, svolta in un'area molto vicina, posta nello stesso contesto geologico e con assetto litostratigrafico correlabile con quello dell'area in oggetto; nella vicina area di riferimento l'indagine geognostica si è articolata in N. 1 sondaggio a carotaggio continuo e N. 3 penetrometrie dinamiche DPSH, di cui vengono allegati i diagrammi e le elaborazioni; il sondaggio di 32 m, di cui 15 m a carotaggio continuo, è stato attrezzato per eseguire una prospezione sismica DH
- 6) Riferimento anche all'indagine geofisica, con sismica Down Hole, eseguita nel foro di sondaggio di cui sopra.

Una indagine articolata come quella in precedenza descritta, seppure più ampia, sarà eseguita anche nel lotto in oggetto, come peraltro indicano le norme del D.P.G.R. 36/R, all'art. 7, poiché l'intervento in progetto rientra nella classe n. 4, essendo la volumetria > 6.000 mc.

## 1. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

Nella recente "**Carta Geologica**" del Servizio Geologico della Regione l'area si trova nei depositi alluvionali recenti ed attuali, in particolare all'interno di una struttura di conoide di origine fluviale.

Trattasi della parte centrale e marginale del sistema di "conoide" del F. Bisenzio, nella quale, come accade per l'area in oggetto, si alternano livelli di materiali grossolani e di sedimenti fini, limi sabbiosi questi ultimi.

L'area è posta nella parte centrale del bacino sedimentario di Firenze-Prato-Pistoia (Valdarno Medio), di natura lacustre di età villafranchiana; il lago infatti venne ad occupare la depressione tettonica formatasi nel tardo Pliocene, circa 2 milioni di anni

fa, come risultato dei movimenti tettonico-distensivi che interessarono la Toscana a partire dall'area tirrenica.

Il progressivo abbassamento del fondo del bacino veniva compensato dal notevole trasporto solido dei corsi d'acqua, fra i quali uno dei principali immissari era il F. Bisenzio che aveva un ruolo preminente, perché proveniente da un'area appenninica in forte sollevamento, con una pendenza elevata tale da permettere una notevole erosione e la formazione, ai piedi della scarpata, di una vasta conoide costituita da materiali granulari grossolani.

In tempi relativamente recenti il bacino fluvio-lacustre fu svuotato per l'incisione della soglia della Gonfolina (ubicazione dell'emissario del lago) da parte dell'Arno e per l'accumulo dei sedimenti che prevalse sulla subsidenza.

I depositi che caratterizzano l'area pratese del bacino possono essere suddivisi in tre unità, che corrispondono ad altrettante facies di sedimentazione:

- depositi lacustri;
- depositi di delta-conoide;
- depositi recenti d'esondazione.

I depositi lacustri sono costituiti in maggioranza da argille limose, talvolta leggermente sabbiose, con livelli di lignite e torba; strati di ghiaie, in genere a matrice limosa, si intercalano alle argille. La frequenza e lo spessore delle ghiaie diminuisce comunque procedendo dai margini verso il centro della pianura.

L'evoluzione sedimentaria del bacino è andata verso un aumento dell'apporto macroclastico; nell'area di Prato le ghiaie sono divenute prevalenti e la conoide è avanzata nella pianura, fin quasi al margine opposto. Questa fase è terminata probabilmente con l'ultima fase glaciale, con il risultato della diminuzione di apporto di materiale clastico grossolano ed incisione del Bisenzio della sua conoide.

La successione sedimentaria dell'area pratese termina con un piccolo spessore continuo (da 1 a 5 metri massimo di spessore) di limo argilloso, più o meno sabbioso, che corrisponde alla deposizione fluviale al di fuori dell'alveo, cioè quella che si ha in occasione delle alluvioni.

## 2. INDAGINE GEOGNOSTICO-GEOFISICA

### 2.1 – Prove penetrometriche, sondaggio e litologia

Nella vicina area di riferimento, posta nello stesso contesto geologico, sono stati eseguiti N. 1 sondaggio di 32 m, di cui i primi 15 m a carotaggio continuo ed i rimanenti 17 m a distruzione di nucleo, e N. 3 prove dinamiche DPSH.

In relazione a queste ultime gli allegati **Diagrammi di Resistenza** sono sufficientemente correlabili per i primi 6 m ca.; si fa però rilevare la presenza, in particolare sul lato tergale del vicino lotto a cui si fa riferimento, di una copertura superficiale di terreno riportato per uno spessore di almeno 1 m, che comunque si osserva anche sia nel sondaggio che nella penetrometria DPSH 2.

Dove non presente il riporto, il primo strato è rappresentato da sedimenti fini, appena più consolidati in superficie ( $R_{pd} \cong 15\div 20$  Kg/cm<sup>2</sup> nei primi 2 m) e meno consistenti, anche con una  $R_{pd} \cong 10$  Kg/cm<sup>2</sup> più in profondità, in particolare intorno ai -4 m ed oltre, fino a -6 m dal p.c.

A -6 m ca. inizia, ben evidente nella prova DPSH 1, un banco con caratteristiche granulari grossolane, con buon grado di addensamento, se pure ricco di “sfrangiature” in corrispondenza di sottili livelli di sola matrice; tale livello prosegue fino a -12 m, per poi essere seguito da un secondo livello di “fino” presente fino ad almeno 15 m.

Nelle prove DPSH 2 e 3 l'orizzonte di materiali grossolani inizia rispettivamente a -8 ed a -7 m, essendo preceduto da un livello di sedimenti fini in cui prevale la frazione coesiva; il grado di addensamento va aumentando con la profondità (S.P.T. 12/10-9 a -8,30 m e 40/50-R a -10,50 m).

L'allegata colonna stratigrafica del sondaggio S<sub>1</sub>, eseguito in prossimità della prova DPSH 2, precisa la presenza in superficie, fino a -7 m, di terreni a fine granulometria rappresentati da livelli di limi sabbiosi/argillosi, argille limose/sabbiose, più consolidati in superficie, meno consistenti in profondità. Oltre i -7 m è presente un ampio strato di ghiaia eterometrica molto addensata, in scarsa matrice limo-sabbiosa. Da -12 m e fino a -15 m si rilevano sedimenti fini, come limi con argilla, limi sabbiosi e sabbie con limo, in livelli con spessori medi di 1 m.

Il sopradescritto assetto litostratigrafico si assume come indicazione di massima per il lotto in oggetto.

## 2.2 – Sismica D.H.

Nella vicina area è stata realizzata un'indagine geofisica, con una prospezione sismica DH nel foro di sondaggio di 32 m, per la definizione delle  $V_{S30}$ .

Si rilevano sul diagramma delle  $V_S$  due "inversioni", la prima tra -8 e -11 m, l'altra tra -11 e -18 m, in corrispondenza dei livelli sismicamente caratterizzati da minore rigidità.

La prova ha accertato una velocità media delle  $V_{S30}$  pari a 299 m/s, calcolata da -1,00 m da p.c. E' possibile pertanto definire una categoria "C" di sottosuolo per l'area indagata e che preliminarmente si assume anche per l'area in oggetto. (*vedi Indagine sismica in Allegati*)

## 3. IDROGEOLOGIA

Nella vicina area di riferimento è stato rilevato, nel corso dell'esecuzione delle prove dinamiche DPSH, un livello d'acqua intorno ai -8,00 m dal p.c., conseguente alla presenza nell'area di una falda che permea i terreni granulari grossolani presenti oltre i -6 m; si tratta dell'acquifero principale, alimentato prevalentemente da profondi rami di conoide; questa falda, una volta profondamente depressa per i consumi industriali, con un livello anche a ca. -20 m dal p.c., come indica la Carta Idrogeologica del 1994, è recentemente e notevolmente risalito fino ai -7÷-8 m, come rilevato nelle recenti penetrometrie dinamiche.

A conferma della risalita della falda, nella **Carta idrogeologica** (Marzo 2011) viene indicato per essa un livello ad una quota di ca. 35 m s.l.m., mentre il p.c. è ad una quota assoluta di ca 41 m. Si ritiene realistico un livello di falda intorno a tale profondità anche per l'area in oggetto.

Nella stessa Carta Idrogeologica viene indicata sia per la vicina area che per quella in oggetto una permeabilità medio-bassa in virtù della presenza dello strato superficiale fino a -6 m ca. costituito in prevalenza da “limi con argilla”.

L'area risulta drenata dalla rete fognaria pubblica e dal bacino delle acque superficiali e non è interessata da fenomeni di ristagno.

Essa risulta interna alle fasce di rispetto alle aree di approvvigionamento idrico ad uso potabile (D.P.R. 236/88).

Nella **Carta delle problematiche idrogeologiche** viene indicata per l'area una bassa vulnerabilità delle acque sotterranee, grazie alla presenza dello strato superficiale dei limi con argilla; all'interno dei capannoni, ma anche negli spazi circostanti, non dovranno comunque essere svolte attività o definite destinazioni d'uso che possano essere fonte di inquinamento, risultando le strutture in progetto essere posizionate all'interno di fasce di rispetto di aree di pozzi ad uso acquedottistico; i reflui dovranno peraltro essere recapitati nella rete fognaria.

Si fa infine rilevare che parte (minore) dell'area interessata dall'ampliamento ricade in D4 (Piano di Bacino del F. Arno – Stralcio “Bilancio idrico”), area cioè a disponibilità idrica molto inferiore alla capacità di ricarica.

Anche se si ritiene che tale valutazione non abbia ora più riscontro nel territorio (vedi considerazioni al punto 3. IDROGEOLOGIA), ogni prelevamento dalla falda dovrà essere soggetto ad autorizzazione.

#### **4. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI (valori medi)**

L'elaborazione delle tre prove penetrometriche DPSH e le risultanze del sondaggio hanno consentito, per la vicina area di riferimento, la modellizzazione geotecnica qui di seguito riportata; si ritiene possa essere preliminarmente assunta anche per l'area in oggetto, in considerazione dello stesso contesto geologico che caratterizza entrambe le aree.





### Condizione topografica

La configurazione superficiale semplice consente di individuare la *Categoria T1* (superficie pianeggiante) ed un *Coefficiente di amplificazione topografica*  $S_T = 1$ .

### 5.2 – Categoria di sottosuolo e condizione topografica

Per la definizione dell'azione sismica di progetto è necessaria l'individuazione della Categoria di sottosuolo di riferimento.

*Edificio in progetto: categoria di sottosuolo "C".*

Nel vicino lotto in oggetto è stata realizzata l'indagine geofisica con una prospezione sismica DH nel foro di sondaggio di 30 m, per la definizione delle  $V_{S30}$  (velocità seconde nei primi 30 m).

La prova ha accertato una **velocità media** delle  $V_{S30}$  pari a ca. **229 m/s**, calcolato da -1,00 m da p.c.

E' possibile pertanto definire una **categoria "C"** di sottosuolo per l'area indagata, che si ritiene di poter assumere preliminarmente anche per l'area in oggetto. (vedi anche punto 2.2 e Indagine sismica in Allegati).

### 5.3 – Azione sismica di base e locale del sito

#### ✓ Pericolosità sismica di base

Le azioni sismiche di progetto vengono calcolate a partire dalla "**pericolosità sismica di base**" definite, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, in base ai seguenti tre parametri:

- $A_g$  → accelerazione orizzontale massima al sito
- $F_0$  → valore massimo dell'amplificazione spettrale in accelerazione orizzontale (valore minimo pari a 2,2)
- $T_c^*$  → periodo dello Spettro ad ampiezza costante in accelerazione orizzontale.

Parametri che sono tabulati per 9 diversi Periodi di Ritorno  $T_R$ , definiti su un Reticolo di Riferimento ogni 10 Km e determinati per il punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto stesso.

La griglia con i valori dei tre parametri sopraindicati, riferiti alla **pericolosità sismica di base**, viene riportata negli Allegati.

Maggiore è il periodo di Ritorno, più alta è la Pericolosità Sismica.

#### ✓ Stati Limite e Probabilità di Superamento

In funzione del Periodo di Protezione, lo Stato Limite determina una Probabilità di Superamento  $P_{VR}$  nella Vita di Riferimento  $V_R$ .

Nella griglia riportata negli allegati, si rileva che negli Stati Limite di Esercizio (SLE), allo Stato Limite Operatività per un Tempo di Ritorno  $T_R = 30$  anni, corrisponde una  $P_{VR} = 81\%$  ed allo Stato Limite Danno (SLD), per un  $T_R = 50$  anni, una  $P_{VR} = 63\%$ , mentre negli Stati Limite Ultimi, allo Stato Limite Vita (SLV) corrisponde, per un  $T_R = 475$  anni, una  $P_{VR} = 10\%$  ed allo Stato Limite Collasso una  $P_{VR} = 5\%$ , per un  $T_R = 975$  anni.

La conoscenza degli elementi di progetto [Classe e Coefficiente d'uso (II e 1.0) – Vita di Riferimento  $V_R = 50$  anni – Categoria sottosuolo (preliminarmente definita) “C” – Condizione topografica T1] hanno consentito di ricavare i *valori interpolati* dei tre parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi alle Probabilità di Superamento  $P_{VR}$  corrispondenti ai due SLE (SLO e SLD) ed ai due SLU (SLV e SLC).

**N.B.:** La verifica del solo SLV soddisfa le verifiche dei vari SLU, mentre per i vari SLE è sufficiente verificare il solo SLD.

#### ✓ Coefficiente di amplificazione sismica

Per la risposta sismica locale tale coefficiente viene definito come  $S = S_s \cdot S_T$  dove  $S_s$  = Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica che dipende dalla Categoria del Sottosuolo, mentre  $S_T$  = Coefficiente di Amplificazione Topografica che dipende dalla pendenza, qui pari a  $S_T = 1$ .

Avendo assunto preliminarmente la Categoria di sottosuolo **C** è possibile calcolare, per il sito in oggetto, il valore di Amplificazione Stratigrafica  $S_s$  ed il coefficiente  $C_c$ , da cui si può definire l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie al sito mediante  $a_{max} = S \cdot a_g$ , dove  $a_g$  è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido orizzontale, mentre il Coefficiente di amplificazione sismica  $S = S_s \cdot S_r$ ; ne deriva  $a_{max} = S_s \cdot S_r \cdot a_g$ .

Negli allegati è possibile calcolare preliminarmente il valore di amplificazione sismica  $S$  per il sito in oggetto.

## 6. RISCHIO IN CASO DI SISMA E PERICOLOSITA'

Si premette che le valutazioni qui di seguito riportate per la vicina area di riferimento sono da assumere come indicazioni di massima per l'area in oggetto, in cui è previsto l'intervento.

I fenomeni di amplificazione degli eventi sismici sono riconducibili, in aree di pianura non caratterizzate dalla presenza di accumuli detritici ma di depositi alluvionali, a tre principali configurazioni litostratigraficamente predisponenti al rischio sismico:

- *Softening (S)* dei sedimenti coesivi (con effetti di cedimenti diffusi)
- *Addensamento (A)* di sedimenti granulari (per amplificazione stratigrafica)
- *Liquefazione (L)* di terreni sabbiosi in falda.

Si ritiene che nessuno dei tre fenomeni, come da risultanze dell'indagine geognostica, possa interessare la vicina area di riferimento. Non sono emersi infatti livelli puramente e/o parzialmente granulari sciolti, suscettibili di **Addensamento**; gli S.P.T. eseguiti nell'orizzonte di ghiaia tra -8 e -12 m ca., presentano valori elevati e/o rifiuto all'infissione.

Anche il fenomeno della **Liquefazione** può essere escluso per l'assenza di sabbie monogranulari sature entro i primi 15 m dal p.c. e comunque di terreni granulari fini poco addensati, con falda superficiale (ca. nei primi 5 m).

Si ritiene infatti di poter escludere la necessità di una verifica alla liquefazione grazie ad una composizione granulometrica, che vede la presenza nei primi 6 m di se-

dimenti fini granulari prevalentemente coesivi; oltre i -6 m sono presenti invece materiali grossolani (ghiaie in matrice limo-sabbiosa); si osservano solo, un primo livello di sabbia media limosa con uno spessore di soli 20 cm (da -7,80 a -8,00 m), ma un  $N_{SPT} \cong 20$ , rilevabile intorno a tale profondità, ne scongiura il rischio di liquefazione; un secondo livello di sabbia fine con limo è presente in profondità, al limite dei -15 m d ha uno spessore di soli 10 cm.

In relazione al **Softening**, non si rileva la presenza di orizzonti puramente coesivi potenzialmente soggetti a tale fenomeno; si rileva un unico strato, tra -2,20 e -3,30 m, ma è un sedimento fine, parzialmente coesivo (limo con argilla e argilloso, debolmente sabbioso e sabbioso); peraltro presenta un S.P.T. (a -12,50 m) 3/4-4, non particolarmente elevato, ma che, per un limo a tale profondità, garantisce comunque cedimenti contenuti per tensioni trasmesse non eccessivamente alte.

In relazione alla pericolosità geologica, nella **Carta della pericolosità geomorfologica** (da intendersi come **geologica**) per l'area viene definita nel P.S. una **pericolosità di grado "3" (elevata)** in quanto *«area soggetta ad uso intensivo della falda tale da determinare fenomeni di subsidenza»*.

Si prende atto di tale pericolosità ma si ritiene che tale pericolo non sussista più per il recente e notevole innalzamento della falda nell'intera piana pratese conseguente alla drastica riduzione degli emungimenti dalla falda da parte delle industrie, all'incremento dell'uso delle acque dell'anello industriale da parte di queste ultime ed infine ad un regime di precipitazioni più intenso e prolungato.

In relazione infine alla pericolosità sismica, nella **Carta della pericolosità sismica locale (Z.M.P.S.L.)** di P.S. per l'area viene definita una **pericolosità di grado "3" (elevata)**, in quanto area di conoide alluvionale (*Aree costituite da conoidi alluvionali e/o conoide detritici dal P.S.*), che può essere fonte di cedimenti elevati per possibili effetti di amplificazione stratigrafica (*«Amplificazione diffusa del moto del suolo, dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura...»*).

La presenza di tale struttura di conoide impone pertanto di definire per l'area una pericolosità sismica locale elevata (**S.3**).

Si ritiene però di poter declassare tale grado di pericolosità da S.3 (elevata) a S.2 (media) sulla base di quanto riportato al punto successivo 6.1 (Microzonazione sismica).

## 6.1 – Microzonazione sismica

Ad ulteriore approfondimento delle problematiche sismiche è stato consultato anche lo studio di **Microzonazione Sismica** del Comune di Prato, reperibile sul sito della Regione Toscana; in particolare le seguenti tavole:

- **Carta geologico-tecnica** – Nell'area è indicata la presenza, confermata dalle indagini geognostiche di riferimento, di «terreni di copertura» costituiti da “Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana pedemontana” (GLpd).
- **Carta delle frequenze** – In questa carta risultano posizionate, nell'intorno dell'area di intervento, varie acquisizioni HVSR che hanno rilevato bassi valori (abbastanza uniformi) della frequenza di picco di sito  $f_0$ , compresi tutti tra 0,25 e 0,31 hz, che confermano l'appartenenza dell'area all'intervallo delle frequenze più basse tra 0,1 e 0,35 hz.
- **Carta delle isobate** – Come riportato in questa carta, il substrato (bedrock) viene indicato intorno ai 450 m rispetto allo 0 di p.c.
- **Carta delle MOPS** – In questa carta l'area di intervento è posta all'interno della “zona 17 – 2017”, che riporta per questa MOPS come valori più prossimi di picco di  $f_0$  del sito tutti compresi tra 0,25 e 0,31 hz rilevati nel vicino intorno e ne indica un assetto litostratigrafico costituito dai “terreni di copertura” **ML** (GLpd) da 0 a 30 m, con livelli di “Ghiaie pulite, addensate con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia” da 0 a 30 m e da 0 a 60 m, cui segue da 30 o da 60 m un ampio strato di “Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità”. Alla base viene indicato un “Substrato costituito da un'alternanza di litotipi, stratificato” **ALS**.

Tale “Zona 17” risulta posta tra le “zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”.

In relazione alla **pericolosità sismica**, definita di grado S.3 (elevata) nella Carta delle Z.M.P.S.L., si ritiene possa essere ridotta al **grado S.2 (media)** per il verificarsi di una possibile amplificazione dell'input sismico per un effetto di smorzamento determinato dall'elevato spessore di depositi alluvionali presenti sul substrato sismico, che ri-

sulta ubicato, in funzione delle basse frequenze di sito riportate in precedenza, oltre i 250 m. Non si ritiene pertanto corretta l'indicazione della presenza del substrato tra 100 e 150 m

L'azione di smorzamento sarà comunque da verificare con una R.S.L. (Risposta Sismica Locale) dedicata.

Si ritiene pertanto più realistico definire, per l'area di riferimento ed in prima analisi anche per quella in oggetto, una **Pericolosità sismica S.2 (media)**.

Nella **Carta della pericolosità idraulica di P.S.** viene definita per l'area una pericolosità media **I.2** (area interessata da allagamenti con Tr fra 200 e 500 anni).

Nella **Carta del P.G.R.A.** l'area è posta tra quelle a **pericolosità media P2**, ma l'A. di B. del F. Arno indica per l'area assenza di battente.

Nella **Carta del Rischio Idraulico** infine viene indicato per l'area, in relazione alle attività o insediamenti presenti, un **Rischio idraulico medio (R2)** per un'ampia parte della sezione tergale ed **elevato (R3)** per oltre la metà del fronte su Via Longobarda

## **7. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'**

Con il presente punto si vuole eseguire la «Verifica dell'adeguatezza delle indagini geologico-tecniche di riferimento in attuazione dell'art. 104 della L.R. 65/2014 e del D.P.G.R. 53/R/11».

Si fa riferimento in particolare alle seguenti carte del P.S.

- Carta idrogeologica
- Carta della pericolosità geomorfologica
- Carta della pericolosità sismica locale (Z.M.P.S.L.)
- Carta della pericolosità idraulica
- Carta delle problematiche idrogeologiche
- Cartografia di microzonazione sismica

## 7.1 – Analisi e approfondimenti

Alla luce delle nuove direttive si esamina il quadro conoscitivo in riferimento all'assetto geomorfologico, idraulico, idrogeologico, litostratigrafico e sismico.

Si allegano a tal fine le prove di un'indagine geognostica, e di una geofisica svolte in area molto vicina (vedi *Ubicazione aree*).

Le risultanze delle indagini di cui sopra e l'esame della **Carta Geologica Regionale** consentono sia una buona **caratterizzazione geologica e litotecnica** dell'area di intervento, sia l'**assetto litostratigrafico**.

Le suddette risultanze hanno infatti consentito di verificare, per la vicina area di riferimento, la presenza di una stratigrafia con un ampio livello superficiale di sedimenti fini, limo sabbioso-argilloso, fino a ca. -7 m, seguito poi da uno strato di materiali grossolani fino a -12 m e di nuovo limi con sabbia/con argilla alla profondità indagata (15 m).

Per gli **aspetti geomorfologici** non vi sono elementi di erosione e di accumulo fluviale, né antropici (opere di difesa idraulica) con interazione diretta con la dinamica d'alveo.

Per l'**assetto idraulico** l'area è posta al grado di **Pericolosità Idraulica I.2 (media)** nel P.S. ed ugualmente al grado P2 di **Pericolosità Idraulica (media)** nella Carta del P.G.R.A. dell'A. di B. del F. Arno.

Per l'**assetto geologico-stratigrafico**, anche in relazione agli effetti di un sisma, si evidenzia la possibile esclusione del rischio "*Softening*" di sedimenti coesivi, di "*Adensamento*" di sedimenti granulari e di "*Liquefazione*" di terreni sabbiosi in falda.

In relazione infine al **rischio sismico**, al punto 5.3 (Azione sismica di base e locale) sono stati preliminarmente determinati i parametri sismici del sito; comunque tutti gli elementi di conoscenza del territorio, derivati dalla cartografia geologico-tecnica disponibile e dalle indagini a tal fine riportate, consentono di fornire indicazioni per una prudentiale indicazione di una «*zona stabile suscettibile di amplificazione sismica*» in quanto «*il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche*». Tuttavia la preliminarmente accettata assenza del substrato sismico entro i primi

30 m e l'ipotesi, da confermare, della sua presenza oltre i 250 m, ha consentito di dare una prima definizione di **pericolosità sismica S.2 (media)**.

## 7.2 - Valutazione di pericolosità

*Pericolosità geomorfologica*: assente (area di pianura).

*Pericolosità geologica* (geomorfologica del P.S.). Viene definita nel P.S. di grado G.3 (elevata).

*Pericolosità idraulica* media P2 nel P.G.R.A. e I.2 (media) nella **Carta della pericolosità idraulica di P.S.**

*Pericolosità sismica locale*: è stata definita per l'area una **"Pericolosità sismica locale" S.2 (media)**.

## 7.3 – Condizioni di fattibilità

Lo studio geologico-tecnico di supporto al P.S. definisce per l'area una pericolosità geologica (geomorfologica) di grado G.3 (elevata).

Si ritiene pertanto di dover definire una **fattibilità geologica di grado "3"** (condizionata). La condizione è rappresentata dall'impianto di un sistema di monitoraggio per il controllo del fenomeno di subsidenza.

L'intervento di nuova edificazione è comunque condizionato dalle risultanze di studi geologici, idrogeologici e geotecnici "in situ" per la verifica delle condizioni di stabilità ed alla preliminare o contestuale realizzazione di opere per la messa in sicurezza; opere che possono essere la scelta della tipologia fondale e sua quota di imposta, il miglioramento o la bonifica dei terreni di fondazione ed in genere opere di contenimento di eventuali scavi (paratie, diaframmi,...).

Il P.G.R.A. pone l'area in pericolosità idraulica P2 (media) ed anche lo studio geologico-tecnico di supporto al P.S. definisce una pericolosità I.2 (media).

Ne deriva di poter assumere, in assenza di battente idraulico, una **fattibilità idraulica di grado "2"** (con normali vincoli da precisare a livello di progetto).

La pericolosità sismica locale è stata qui ridotta da S.3 (elevata) a S.2 (media), in quanto, pur essendo l'area di conoide alluvionale, non è stato individuato il substrato sismico nel vicino DH preso come riferimento e si è inoltre ritenuto di poterlo preliminarmente posizionare oltre i 250 m in funzione di valutazioni sulla  $V_s$  media e sulle frequenze di sito. Ne deriva una **fattibilità sismica di grado 2** (con normali vincoli da precisare a livello di progetto).

In relazione alle indagini si prescrive una campagna geofisica e geognostica in entità e con metodologie adeguate. In particolare per la prima, anche al fine di determinare la categoria di sottosuolo, dovrà essere condotta una campagna di sismica a rifrazione con metodologie correnti [ $V_{sh}$ , down hole - up hole - cross hole, M.A.S.W.], mentre per la seconda dovranno essere eseguiti vari sondaggi, con S.P.T. e prelievamento di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio di meccanica delle terre; sondaggi che dovranno poi essere correlati da prove penetrometriche (dinamiche/statiche), che consentano la stesura di sezioni litostratigrafiche significative per l'area di intervento.

In particolare, nella certezza di una profondità media stagionale della falda entro i 15 m dal p.c., per una prudenziale verifica alla Liquefazione, dovranno essere condotte indagini con sondaggi, prove penetrometriche dinamiche e/o statiche per verifica di resistenze superiori ai limiti indicati dalle NTC al punto 7.11.3.4.2; in alternativa potranno essere eseguite, come indicate al medesimo punto, analisi che verifichino una distribuzione granulometrica esterna alle zone (*possibilità di liquefazione*) riportate in figura 7.11.1 (a) e 7.11.1 (b). Tali verifiche si rendono necessarie per aree con eventi sismici attesi di magnitudo  $M > 5$  ed accelerazioni max in condizioni di campo libero  $> 0,1$  g.

L'espletamento delle indagini geognostiche e l'esecuzione di quelle sismiche dovrà essere comunque in linea con quanto disciplinato dall'art. 7 del D.P.G.R. 36/R.

Ultima "condizione" è infine quella della realizzazione di opere per il contenimento dell'impermeabilizzazione e per l'accumulo delle acque di prima pioggia.

Avendo il fabbricato una superficie  $> 500$  mq, è necessaria la realizzazione di un impianto di accumulo delle acque meteoriche non contaminate (art. 68 del P.S.) in quan-

to il progetto prevede la costruzione di un nuovo fabbricato, riducendo le superfici permeabili.

L'incarico per tale problematica idraulica è stato affidato ad altro tecnico, che ha realizzato il progetto per la sua soluzione.

## **8. CONDIZIONI – INDICAZIONI**

Le “condizioni” per l’edificazione sono riportate al punto 7.3, relative alle modalità ed alla estensione della campagna geognostica e geofisica, al fine di ricavare una puntuale caratterizzazione geotecnica, di definire la categoria di sottosuolo ed i parametri sismici del sito e di individuare eventuali configurazioni litostratigrafiche predisponenti ad amplificazione sismica con conseguente fenomeno della liquefazione.

In relazione alle strutture fondali, si ritengono idonee le fondazioni a plinti in progetto, purché nella loro progettazione si tenga conto delle indicazioni/condizioni in precedenza espresse.

Se si rinvenissero a quota fondazione lenti o aree di sedimenti poco addensati e/o scarsamente consistenti, si potrà realizzare un miglioramento con inerti adeguatamente compattati o con magrone eventualmente armato, previa asportazione dei livelli con parametri geomeccanici scadenti.

Si fa rilevare la possibilità che in fase di scavo delle strutture di fondazione si possa intercettare una falda (superficiale ed effimera), frequentemente presente in occasione di precipitazioni intense e prolungate.

Indispensabili infine accurati drenaggi delle acque superficiali per evitare infiltrazioni e ristagni a livello fondale.

Prato, 11 Dicembre 2017

Geol. BEGGIATO Giancarlo



**INDAGINE GEOGNOSTICO-GEOFISICA  
IN AREA VICINA**

**Ubicazione aree (1 : 10.000)**

**Stratigrafia sondaggio**

**Diagrammi ed elaborazioni  
prove penetrometriche dinamiche DPSH**

**Sismica Down-Hole  
(diagrammi)**

1 : 10.000



Area già indagata  
dallo studio scrivente



Area in studio



Conc. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n°5950 del 15/06/2011 Settore C

Cantiere: Via Veneto Loc. Iolo - Prato

Committente: Intertex s.r.l.

Data inizio perforazione: 24-10-2014

Data fine perforazione: 28-10-2014

Sondaggio: S1

Richiedente: Geol. G. Beggiato

Lunghezza (m): 32.0

Scala grafica: 1:100

Inclinazione (°):

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m)	Litologia	Descrizione litologica	Campion	S.P.T	Pocket Penetrometer (kPa)				Pocket Vane Test (kPa)				Piezometro livello / piez.
						100	200	300	400	50	100	150	200	
0.9			Limo sabbioso argilloso ghiaioso, marrone, con clasti eterogenei e frammenti di laterizio. Presenti resti vegetali (Terreno di riporto)											
2.2			Limo sabbioso e con sabbia argilloso alla base, marrone con resti vegetali nella parte alta	C1	25	100				72				
3.0			Limo con argilla ed argilloso, debo/m sabbioso e sabbioso, marrone	SPT	3 4 4	150				62				
3.6			Limo sabbioso argilloso marrone			180				72				
4.7			Limo con argilla sabbioso marrone	SPT	5 0 m	130				60				
6.0			Limo sabbioso e con sabbia argilloso grigio marrone		6 9 10	100				52				
6.5			Limo con argilla debo/m. sabbioso, grigio ed avana											
7.6			Limo sabbioso argilloso grigio											
			Limo con argilla grigio											
			Limo con sabbia e sabbioso argilloso grigio.	SPT	8 3 m									
			Ghiale fine con clasti eterogenei, arrotond., Dmed 1 cm, in abbond. matrice limoso-sabbiosa grigia (clasti 70%)		12 10 9									
			Sabbia media limosa marrone	SPT	10 5 m									
			Ghiale eterometrica con clasti eterogenei, arrotondati e subarrotond., Dmax 5 cm, Dmed 2-3 cm, in matrice limosa sabbiosa e sabbiosa raramente abbondante marrone (clasti 70-90%)		40 50	280				140				
12.2			Limo con argilla debo/m sabbioso e sabbioso, marrone		11 cm	240				124				
13.0			Passaggio (12.7-12.9 m) di limo sabbioso e con sabbia			260				128				
14.1			Limo sabbioso e con sabbia argilloso, marrone. Presente passaggi centim. di limo con argilla											
15.0			Sabbia fine con limo, marrone ocra											
			Limo con argilla debo/m. sabbioso, marrone ocra											
			Tratto eseguito a "distruzione di nucleo"											

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Comacchio MC450

Metodo di perforazione: aste e carotiere

Responsabile di sito: Geol. D. Senesi

Note: al termine della perforazione il foro è stato attrezzato con tubi in pvc spessorato, cementato esternamente, per l'esecuzione di prove sismiche tipo down hole

Direttore laboratorio: Ing. M. Goretti

n° pagine certificato: 2

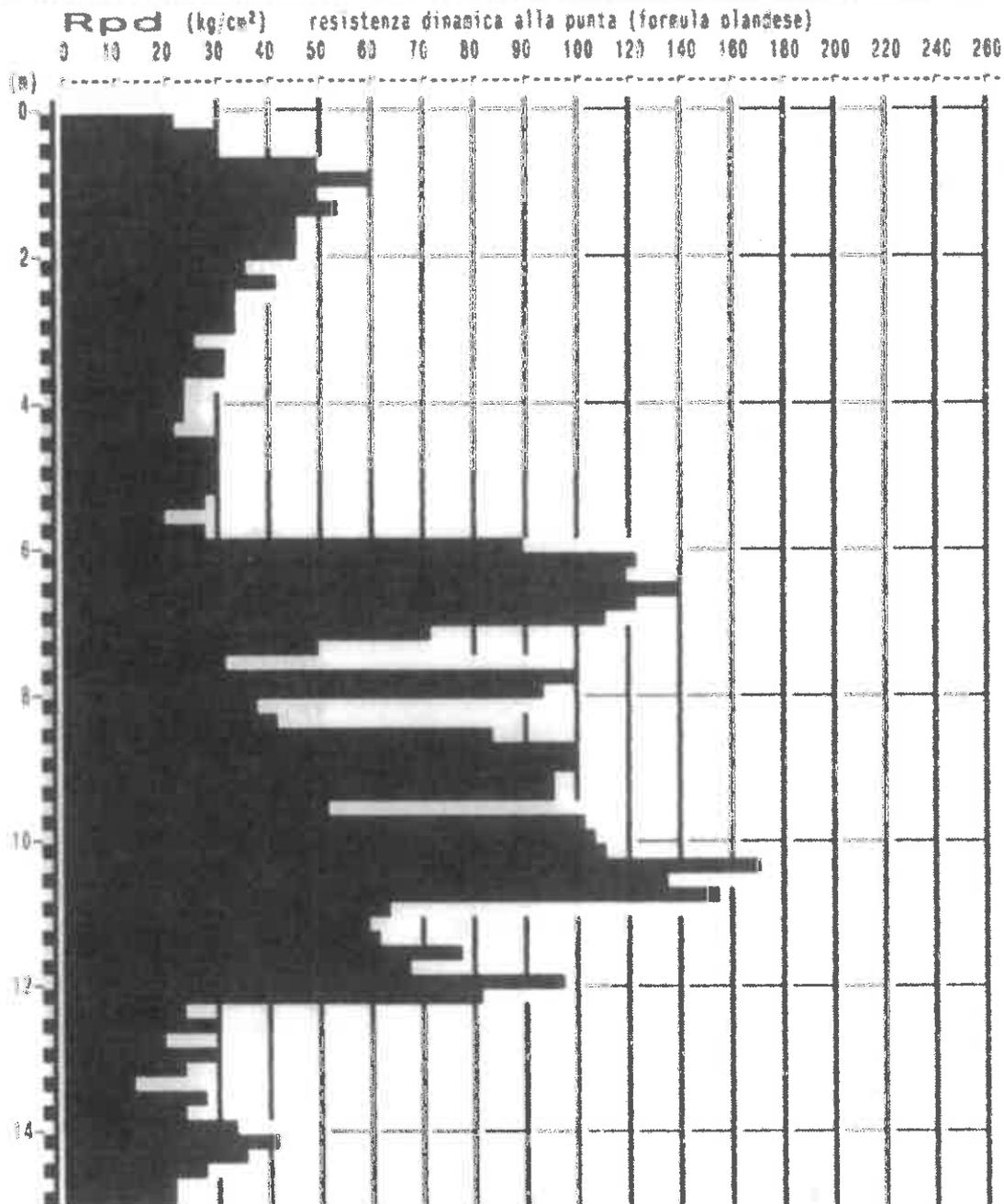
Pagina 1

**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
DIAGRAMMA RESIST. DINAMICA**

n. 1  
GPD-2-02

PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSM) ■  
M = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - Ø = 50.5 mm  
Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX  
Località : Iolo (Macrolotto 1)  
note : lato sv

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO  
N = N(20) °δ = 26 cmé  
quota inizio : p.c. attuale  
prof. falda = 8.00 m da quota inizio  
data : 11 / 10 / 2014



**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
DIAGRAMMA RESIST. DINAMICA**

**n. 2  
GPD-7-92**

PERETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■

M = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - D = 50.5 mm

Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX

Località : Iolo (Macrolotto 2)

note : centrale

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO

N = N(20) \* 6 = 20 cm<sup>2</sup>

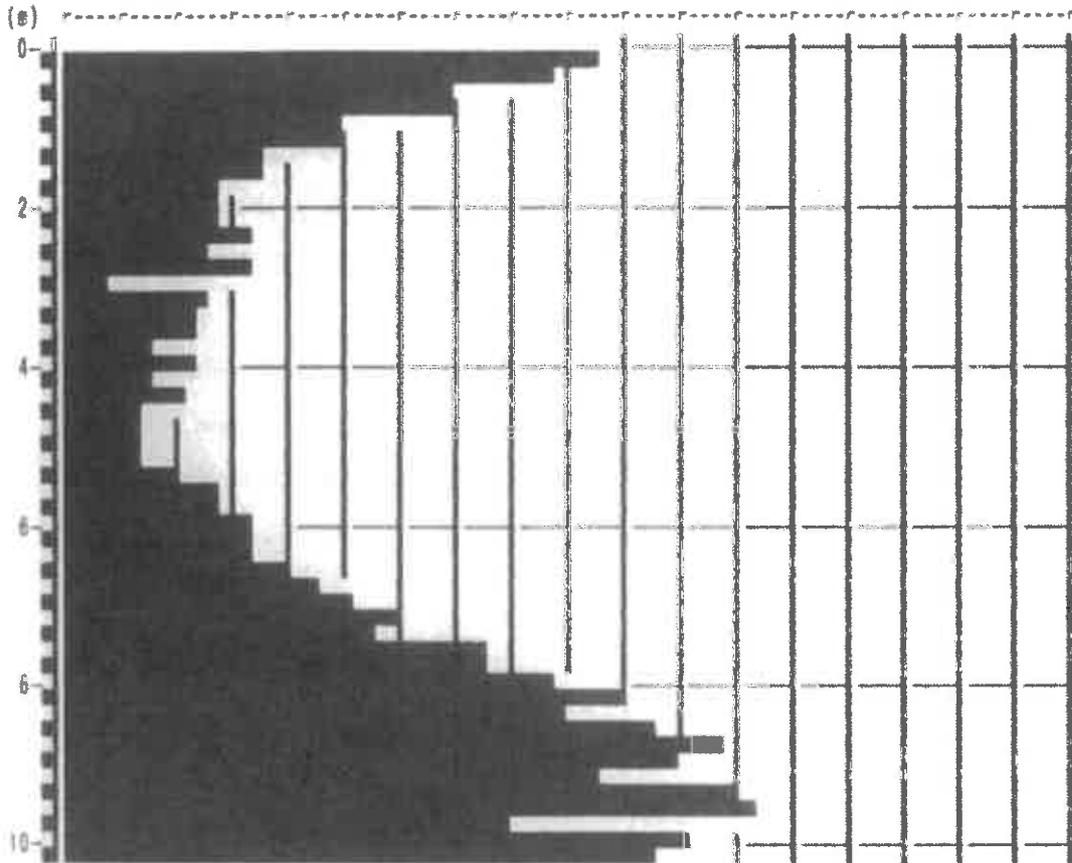
quota inizio : p.c. attuale

prof. falda = 8.00 m da quota inizio

data : 11 / 10 / 2014

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)** resistenza dinamica alla punta (formula olandese)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 120 140 160 180 200 220 240 260

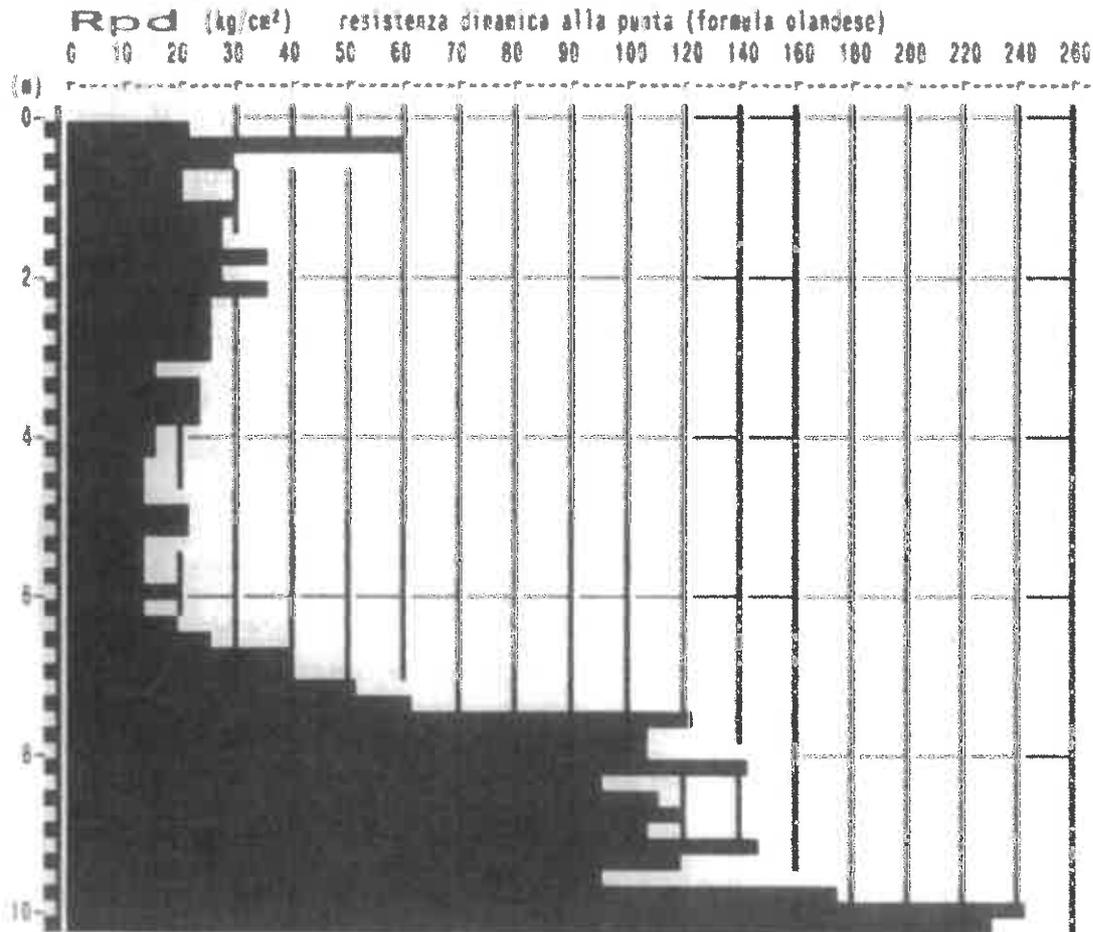


**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
DIAGRAMMA RESIST. DINAMICA**

**n. 3  
GPD-Z-02**

PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■  
M = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - D = 50.5 mm  
Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX  
Località : Iolo (Macrolotto I)  
note : lato dx

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO  
N = N(20) \*δ = 20 cm<sup>2</sup>  
quota inizio : p.c. attuale  
prof. falda = 8.00 m da quota inizio  
data : 11 / 10 / 2014



**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
TABELLE VALORI RESISTENZA**
**n. 1  
GPD-7-92**
**PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■**
**M = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - D = 50.5 mm**
**Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX**
**Località : Iolo (Macrolotto 1)**
**note : lato sx**
**uso rivestimento/fanghi iniezione : NO**
**N = N(20) 'δ = 20 cm<sup>2</sup>**
**quota inizio : p.c. attuale**
**prof. falda = 8.00 m ds quota inizio**
**data : 11 / 10 / 2014**

prof. (m)	N (colpi)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	prof. (m)	N (colpi)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0.00- 0.20	2.0	21.5	1	7.60- 7.80	16.0	100.2	9
0.20- 0.40	3.0	29.6	2	7.80- 8.00	15.0	94.0	9
0.40- 0.60	3.0	29.6	2	8.00- 8.20	6.0	37.6	9
0.60- 0.80	5.0	49.4	2	8.20- 8.40	7.0	41.7	10
0.80- 1.00	6.0	59.2	2	8.40- 8.60	14.0	83.3	10
1.00- 1.20	5.0	49.4	2	8.60- 8.80	17.0	101.2	10
1.20- 1.40	6.0	54.7	3	8.80- 9.00	17.0	101.2	10
1.40- 1.60	5.0	45.6	3	9.00- 9.20	16.0	95.3	10
1.60- 1.80	5.0	45.6	3	9.20- 9.40	17.0	98.4	11
1.80- 2.00	5.0	45.6	3	9.40- 9.60	9.0	51.0	11
2.00- 2.20	4.0	36.5	3	9.60- 9.80	18.0	102.1	11
2.20- 2.40	5.0	42.4	4	9.80-10.00	19.0	107.6	11
2.40- 2.60	4.0	33.9	4	10.00-10.20	20.0	113.4	11
2.60- 2.80	4.0	33.9	4	10.20-10.40	32.0	173.3	12
2.80- 3.00	4.0	33.9	4	10.40-10.60	25.0	135.4	12
3.00- 3.20	3.0	25.4	4	10.60-10.80	29.0	157.1	12
3.20- 3.40	4.0	31.7	5	10.80-11.00	12.0	65.0	12
3.40- 3.60	4.0	31.7	5	11.00-11.20	11.0	56.6	12
3.60- 3.80	3.0	23.8	5	11.20-11.40	12.0	62.2	13
3.80- 4.00	3.0	23.8	5	11.40-11.60	15.0	77.7	13
4.00- 4.20	3.0	23.8	5	11.60-11.80	13.0	67.4	13
4.20- 4.40	3.0	22.3	6	11.80-12.00	19.0	98.5	13
4.40- 4.60	4.0	29.7	6	12.00-12.20	16.0	82.9	13
4.60- 4.80	4.0	29.7	6	12.20-12.40	5.0	24.8	14
4.80- 5.00	4.0	29.7	6	12.40-12.60	6.0	29.8	14
5.00- 5.20	4.0	29.7	6	12.60-12.80	4.0	19.9	14
5.20- 5.40	4.0	28.0	7	12.80-13.00	6.0	29.8	14
5.40- 5.60	3.0	21.0	7	13.00-13.20	5.0	24.8	14
5.60- 5.80	4.0	28.0	7	13.20-13.40	3.0	14.3	15
5.80- 6.00	13.0	90.9	7	13.40-13.60	6.0	28.6	15
6.00- 6.20	18.0	125.9	7	13.60-13.80	5.0	23.9	15
6.20- 6.40	18.0	119.0	8	13.80-14.00	7.0	33.4	15
6.40- 6.60	21.0	138.8	8	14.00-14.20	9.0	42.9	15
6.60- 6.80	19.0	125.6	8	14.20-14.40	8.0	36.7	16
6.80- 7.00	17.0	112.3	8	14.40-14.60	6.0	27.5	16
7.00- 7.20	11.0	72.7	8	14.60-14.80	5.0	22.9	16
7.20- 7.40	8.0	50.1	9	14.80-15.00	5.0	22.9	16
7.40- 7.60	5.0	31.3	9				

**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
TABELLE VALORI RESISTENZA**
**n. 2  
GPD-2-92**
**PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■**
**M = 63.5 kg - H = 0.75 m -  $\lambda = 20.00 \text{ cm}^2$  -  $\phi = 50.5 \text{ mm}$** 
**Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEK**
**Località : Iolo (Macrolotto 1)**
**note : centrale**
**uso rivestimento/fanghi iniezione : NO**
**N = N(20)  $\phi_5 = 20 \text{ cm}^2$** 
**quota inizio : p.c. attuale**
**prof. falda = 8.00 m da quota inizio**
**data : 11 / 10 / 2014**

prof.(m)	N (colpi)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	prof.(m)	N (colpi)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0.00- 0.20	9.0	96.8	1	5.20- 5.40	3.0	21.0	7
0.20- 0.40	9.0	88.8	2	5.40- 5.60	4.0	28.0	7
0.40- 0.60	7.0	69.1	2	5.60- 5.80	4.0	28.0	7
0.60- 0.80	7.0	69.1	2	5.80- 6.00	5.0	35.0	7
0.80- 1.00	5.0	49.4	2	6.00- 6.20	5.0	35.0	7
1.00- 1.20	5.0	49.4	2	6.20- 6.40	5.0	33.0	8
1.20- 1.40	4.0	36.5	3	6.40- 6.60	6.0	39.7	8
1.40- 1.60	4.0	36.5	3	6.60- 6.80	7.0	48.3	8
1.60- 1.80	3.0	27.4	3	6.80- 7.00	8.0	52.9	8
1.80- 2.00	3.0	27.4	3	7.00- 7.20	9.0	59.5	8
2.00- 2.20	3.0	27.4	3	7.20- 7.40	9.0	56.4	9
2.20- 2.40	4.0	33.9	4	7.40- 7.60	12.0	75.2	9
2.40- 2.60	3.0	25.4	4	7.60- 7.80	12.0	75.2	9
2.60- 2.80	4.0	33.9	4	7.80- 8.00	14.0	87.7	9
2.80- 3.00	1.0	8.5	4	8.00- 8.20	16.0	100.2	9
3.00- 3.20	3.0	25.4	4	8.20- 8.40	15.0	89.3	10
3.20- 3.40	3.0	23.8	5	8.40- 8.60	19.0	113.1	10
3.40- 3.60	3.0	23.8	5	8.60- 8.80	23.0	136.9	10
3.60- 3.80	2.0	15.8	5	8.80- 9.00	20.0	119.1	10
3.80- 4.00	3.0	23.8	5	9.00- 9.20	16.0	95.3	10
4.00- 4.20	2.0	15.8	5	9.20- 9.40	25.0	141.8	11
4.20- 4.40	3.0	22.3	6	9.40- 9.60	28.0	147.5	11
4.40- 4.60	2.0	14.9	6	9.60- 9.80	14.0	79.4	11
4.60- 4.80	2.0	14.9	6	9.80-10.00	22.0	124.8	11
4.80- 5.00	2.0	14.9	6	10.00-10.20	20.0	113.4	11
5.00- 5.20	2.0	14.9	6				

**PROVA PENETROMETR. DINAMICA**  
**TABELLE VALORI RESISTENZA**
**n. 3**  
**GPD-2-92**

PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■

M = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - D = 50.5 mm

Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX

Località : Iolo (Macrolotto 1)

note : lato dx

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO

N = N(20) 'δ = 20 cmé

quota inizio : p.c. attuale

prof. falda = 8.00 m da quota inizio

data : 11 / 10 / 2014

prof. (m)	N (colpi)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	prof. (m)	N (colpi)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0.00-0.20	2.0	21.5	1	5.20-5.40	2.0	14.0	7
0.20-0.40	6.0	59.2	2	5.40-5.60	2.0	14.0	7
0.40-0.60	3.0	29.6	2	5.60-5.80	2.0	14.0	7
0.60-0.80	2.0	19.7	2	5.80-6.00	3.0	21.0	7
0.80-1.00	2.0	19.7	2	6.00-6.20	2.0	14.0	7
1.00-1.20	3.0	20.6	2	6.20-6.40	3.0	19.8	8
1.20-1.40	3.0	27.4	3	6.40-6.60	4.0	26.4	8
1.40-1.60	3.0	27.4	3	6.60-6.80	6.0	39.7	8
1.60-1.80	4.0	36.5	3	6.80-7.00	6.0	39.7	8
1.80-2.00	3.0	27.4	3	7.00-7.20	8.0	52.9	8
2.00-2.20	4.0	38.5	3	7.20-7.40	10.0	62.6	9
2.20-2.40	3.0	25.4	4	7.40-7.60	20.0	125.3	9
2.40-2.60	3.0	25.4	4	7.60-7.80	17.0	106.5	9
2.60-2.80	3.0	25.4	4	7.80-8.00	17.0	106.5	9
2.80-3.00	3.0	25.4	4	8.00-8.20	23.0	144.1	9
3.00-3.20	2.0	17.0	4	8.20-8.40	18.0	95.3	10
3.20-3.40	3.0	23.8	5	8.40-8.60	19.0	113.1	10
3.40-3.60	3.0	23.8	5	8.60-8.80	20.0	119.1	10
3.60-3.80	3.0	23.8	5	8.80-9.00	19.0	107.2	10
3.80-4.00	2.0	15.8	5	9.00-9.20	25.0	148.8	10
4.00-4.20	2.0	15.8	5	9.20-9.40	21.0	119.1	11
4.20-4.40	2.0	14.9	6	9.40-9.60	17.0	96.4	11
4.40-4.60	2.0	14.9	6	9.60-9.80	31.0	175.8	11
4.60-4.80	2.0	14.9	6	9.80-10.00	43.0	243.9	11
4.80-5.00	3.0	22.3	6	10.00-10.20	41.0	232.5	11
5.00-5.20	3.0	22.3	6				

**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**
**n. 1  
GPD-7-92**

PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■  
 M = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - D = 50.5 mm  
 Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX  
 Località : Iolo (Macrolotto 1)  
 note : lato sx

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO  
 h = N(20) \* δ = 20 cm<sup>2</sup>  
 quota inizio : p.c. attuale  
 prof. falda = 8.00 m da quota inizio  
 data : 11 / 10 / 2014

M = valore medio    min = valore minimo    Max = valore massimo    s = scarto quadratico medio

profond. (m)	PARAMETRO	elaborazione statistica							VALORE CARATTER. ASSURTO	β	Nspt
		M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
0.00- 0.60	N	2.7	2.0	3.0	2.3	---	---	---	3	1.52	4
	Rpd	27	22	30	24	---	---	---	27		
0.60- 2.00	N	5.3	5.0	6.0	5.1	0.5	4.8	5.8	5	1.52	8
	Rpd	50	46	59	48	5	45	55	50		
2.00- 5.00	N	3.7	3.0	5.0	3.4	0.6	3.2	4.3	4	1.52	6
	Rpd	29	21	42	25	5	24	35	29		
5.00-12.20	N	15.8	5.0	32.0	10.4	6.0	9.8	21.8	16	1.52	24
	Rpd	93	31	173	82	34	59	127	83		
12.20-15.90	N	5.7	3.0	9.0	4.4	1.5	4.2	7.3	6	1.52	9
	Rpd	27	14	43	21	7	20	34	27		

N = numero colpi (punta) prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)  
 Rpd = resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β = coefficiente di correlazione con la prova SPT (valore teorico βt = 1.52)  
 Nspt = numero di colpi prova SPT (avanzamento 30 cm) : Nspt = β N    \* TENTATIVO DI CORRELAZIONE è

**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**
**n. 2  
GPD-7-92**
**PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■**
**M = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - D = 50.5 mm**
**Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX**
**Località : Iolo (Macrolotto 1)**
**note : centrale**
**uso rivestimento/fanghi iniezione : NO**
**N = N(20) \* δ = 20 cm<sup>2</sup>**
**quota inizio : p.c. attuale**
**prof. falda = 8.00 m da quota inizio**
**data : 11 / 10 / 2014**
**M = valore medio**
**min = valore minimo**
**Max = valore massimo**
**s = scarto quadratico medio**

profond. (e)	PARAMETRO	elaborazione statistica							VALORE CARATTER. ASSUNTO	β	Nspt
		M	min	Max	j(M+min)	s	M-s	M+s			
0.00- 0.80	N	8.0	7.0	9.0	7.5	---	---	---	9	1.52	12
	Rpd	81	69	97	75	---	---	---	81		
0.80- 1.80	N	4.5	4.0	5.0	4.3	---	---	---	5	1.52	7
	Rpd	43	36	49	40	---	---	---	43		
1.80- 5.30	N	2.8	1.0	4.0	1.9	0.8	2.0	3.6	3	1.52	4
	Rpd	22	8	34	15	7	16	29	22		
5.80- 8.80	N	5.5	5.0	7.0	5.3	---	---	---	6	1.52	9
	Rpd	38	33	46	35	---	---	---	38		
8.80- 7.80	N	10.0	8.0	12.0	9.0	---	---	---	10	1.52	15
	Rpd	64	50	75	58	---	---	---	64		
7.80-10.20	N	19.2	14.0	26.0	16.6	4.2	14.9	23.4	19	1.52	29
	Rpd	112	79	147	96	23	90	135	112		

**N = numero colpi (punta) prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)**
**Rpd = resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)**
**β = coefficiente di correlazione con la prova SPT (valore teorico βt = 1.52)**
**Nspt = numero di colpi prova SPT (avanzamento 30 cm) : Nspt = β N \* TENTATIVO DI CORRELAZIONE e**

**PROVA PENETROMETR. DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**n. 3  
GPD-Z-92**

PENETROMETRO DINAMICO tipo SUPERPESANTE - (DPSH) ■  
 H = 63.5 kg - H = 0.75 m - A = 20.00 cm<sup>2</sup> - D = 50.5 mm  
 Cantiere : Via Veneto / Via Ghisleri - INTERTEX  
 Località : Iolo (Macrolotto I)  
 note : lato dx

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO  
 h = h(20) °δ = 20 cm<sup>2</sup>  
 quota inizio : p.c. attuale  
 prof. falda = 8.00 m da quota inizio  
 data : 11 / 10 / 2014

■ = valore medio    min = valore minimo    Max = valore massimo    s = scarto quadratico medio

profond. (z)	PARAMETRO	elaborazione statistica							VALORE CARATTER. ASSUNTO	β	Nspt
		■	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
0.00- 3.00	N	3.0	2.0	6.0	2.5	---	---	---	3	2.00	6
	Rpd	30	20	59	25	---	---	---	30		
1.60- 2.20	N	3.3	3.0	4.0	3.2	0.5	2.0	3.0	3	1.52	5
	Rpd	31	27	36	29	5	26	35	30		
2.20- 6.40	N	2.5	2.0	3.0	2.3	0.5	2.0	3.0	3	1.52	4
	Rpd	19	14	25	17	5	15	24	19		
6.40- 7.00	N	5.3	4.0	8.0	4.7	---	---	---	5	1.52	8
	Rpd	35	26	40	31	---	---	---	35		
7.00- 7.40	N	9.0	8.0	10.0	9.5	---	---	---	9	1.52	14
	Rpd	58	53	63	55	---	---	---	58		
7.40-10.20	N	23.4	18.0	43.0	19.7	8.6	14.6	32.2	24	1.52	36
	Rpd	138	95	244	117	48	90	186	139		

N = numero colpi (punta) prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm)  
 Rpd = resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β = coefficiente di correlazione con la prova SPT (valore teorico βt = 1.52)  
 Nspt = numero di colpi prova SPT (avanzamento 30 cm) : Nspt = β N    \* TENTATIVO DI CORRELAZIONE β



Grafico Vp-Vs / profondità

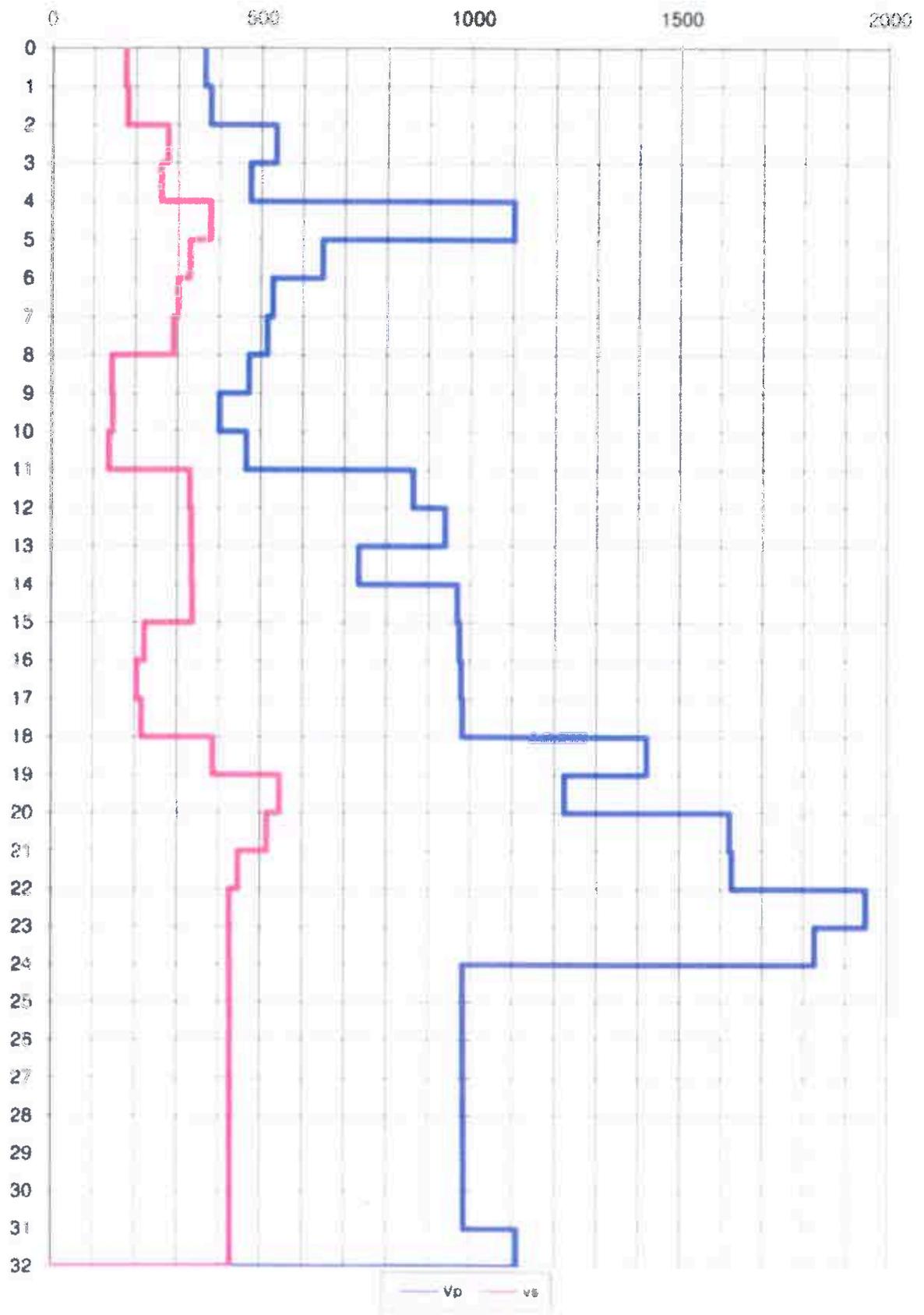
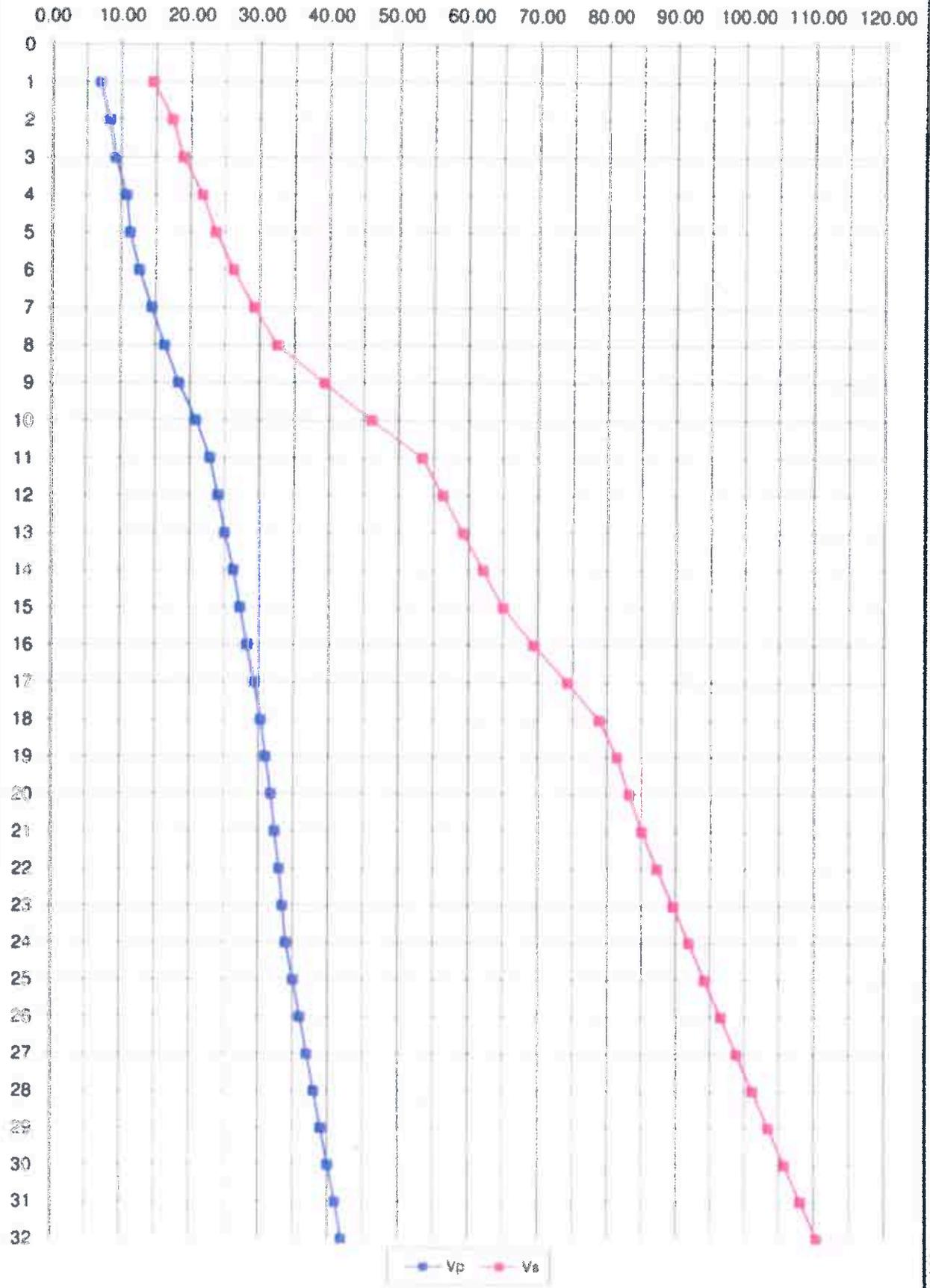


Grafico Tempi / profondità



Cantiere: VIA VENETO – IOLO - PRATO (PO) data: 02.12.2014

Committente: INTERTEX s.r.l. dir. Tecnica: Dott. Geol. BEGGIATO G.

Tra le prospezioni geofisiche le misure sismiche in foro risultano avere specifica efficacia in quanto capaci di dettagliare al meglio le stratigrafie complesse.

L'uso di un perforo di sondaggio, debitamente attrezzato, permette anche la caratterizzazione degli spessori non interessati da SPT o prelievo di campioni indisturbati, ampliando la capacità di investigazione dei terreni interessati in primis mediante la visione diretta.

### PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO

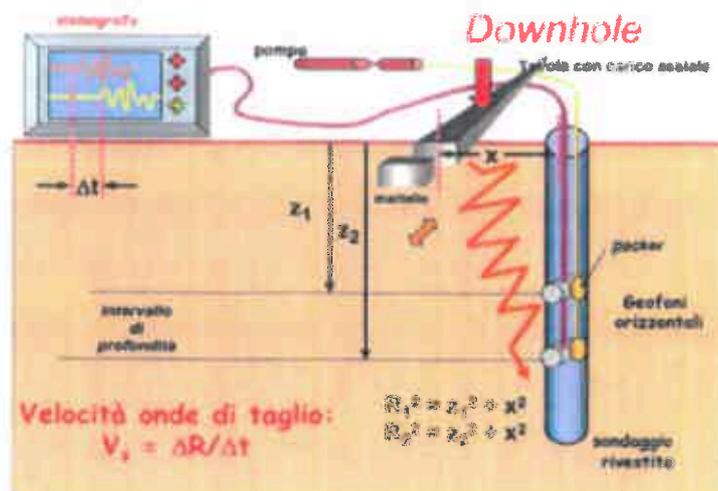
Lo scopo di tali prove consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione all'interno del litotipo in esame, mediante produzione di onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità derivati (VP, VS), alcune proprietà meccaniche delle litologie investigate.

Le indagini sismiche che utilizzano i sondaggi sono utili per avere una sismostratigrafia dettagliata del sottosuolo. Si applicano vari metodi di indagine in foro:

- 1) Up hole
- 2) Down hole
- 3) Cross hole

Il metodo down hole, il più utilizzato, prevede la sistemazione della sorgente in superficie e la misura del tempo di percorso delle onde d'arrivo in foro sia delle onde P che delle S.

Per misurare le onde P ed S si provvede all'inserimento di una o più terne geofoniche, ciascuna terna composta da un geofono P, disposto in senso longitudinale all'asse del foro di sondaggio, e due geofoni orizzontali S, posizionati perpendicolarmente tra loro e con piano di scuotimento perpendicolare all'asse del foro, ovvero orizzontale: tale terna viene resa solidale al tubo di rivestimento mediante sistemi pneumatici o elettrici



Il tubo di rivestimento può essere costituito da tubazione in PVC o da un tubo inclinometrico.

La buona cementazione del tubo di rivestimento al foro di sondaggio, garantisce la buona riuscita delle registrazioni. In alternativa, per particolari condizioni stratigrafiche, è ammissibile realizzare la misura in tubazione resa continua con le pareti del foro a mezzo di riempimento con acqua o boiaccia di bentonite. Al fine di impedire il sollevamento del tubo di rivestimento, in questi ultimi due casi si deve provvedere al contrappeso in testa. In alcune situazioni di particolare interesse e stratigrafie capaci di buona "tenuta" del foro di sondaggio, si può

Via Garibaldi 34 – 51011 Buggiano (PT) – tel. e fax 057230014 – cell. 3483342249  
c.f. PCNLDM61E25B251C – P.I. 01116400472 – email landopacini@libero.it

## *Ipogeognostica* di Lando U. Pacini

operare senza tubazione di rivestimento. Ognuno dei metodi sopra esposti pone problemi nell'ottenere segnali completi e facilmente leggibili, propri del tipo e della qualità d'accoppiamento terra/terreno.

L'acquisizione dei dati si articola in due fasi: generazione ed acquisizione delle onde di compressione P e delle onde SH. Le onde P trovano produzione mediante massa battente in direzione verticale su piattello solidale al terreno; le onde SH sono prodotte dall'impatto di massa battente su traverso sovraccaricato al fine di renderlo solidale col terreno. La sorgente sismica è costituita, per sondaggi spinti a non oltre 50 m, da una massa battente (mazza dal peso di 10kg). Laddove necessario si potrà considerare l'utilizzo di masse maggiori con necessità di sollevamento mediante sistemi a carrucola che devono, comunque, garantire una silenziosità e controllo di caduta in fase di rilascio.

Per terreni con difficoltosa definizione del primo arrivo delle onde S, oltre alla sommatoria di n battute, si può attuare la sovrapposizione dei segnali generati mediante impatto con direzione inversa sul traverso. Tale tecnica produce l'inversione di fase dell'onda e la sovrapposizione tra due acquisizioni alla medesima profondità permette la migliore definizione del primo arrivo onde S.

L'analisi dei dati sismici provenienti da una prova Down Hole, consiste nel diagrammare i tempi di tragitto, misurati lungo il percorso sorgente-ricevitore, in funzione della profondità, determinando la velocità verticale dei terreni incontrati nella perforazione ed i loro moduli elastici.

Il metodo più semplice per calcolare la velocità media negli intervalli tra due posizioni geofoniche contigue è quello di presupporre che le onde viaggino quasi verticalmente e che quindi la loro velocità apparente sia  $dz/dt$  dove dz è l'incremento infinitesimo di profondità e dt il corrispondente incremento dei tempi di arrivo.

Infatti il fronte d'onda ed il relativo raggio sismico non subiranno variazioni in presenza di eventuali discontinuità solo nel caso di incidenza normale, cioè quando la sorgente è molto prossima al pozzo, ed inoltre le superfici di discontinuità sono perpendicolari all'asse della perforazione stessa.

### CORREZIONE

Mediante una applicazione su foglio elettronico (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger massimo) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente e dentro del foro, t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t\* il tempo corretto.

In genere però la condizione di grande prossimità tra sorgente e bocca-pozzo non è mai verificata, non solo per motivi logistici ma anche per evitare che l'onda elastica si trasmetta lungo il materiale di condizionamento del pozzo provocando fenomeni di disturbo ai segnali (onde di tubo).

Quindi la sorgente si colloca sempre ad una certa distanza d (non trascurabile), per cui è necessario correggere i tempi di arrivo in modo tale da ottenere i valori che si riscontrerebbero se il percorso dei raggi fosse verticale.

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio non inferiore al decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'energizzazione fornita al terreno e l'inizio della registrazione sul sismografo si traduce in un errore significativo nei valori di velocità misurati.

Per annullare ogni effetto di ritardo, viene posizionato un geofono esterno, detto geofono spia, a distanza costante lungo l'intero step di acquisizione; non è necessario che il geofono spia sia collocato in prossimità del foro di sondaggio, anzi, al fine di ovviare l'intralcio alle operazioni di corda, se ne ritiene opportuna una distanza di almeno 3 m dal foro e altrettanto dalla zona di energizzazione.

La forma d'onda restituita da questo geofono viene acquisita su un canale del sismografo e viene analizzata separatamente rispetto a quello che avanza in profondità, in modo da poter valutare ogni possibile anticipo o ritardo del treno d'onda.

Il valore del tempo del primo fronte di arrivo a questo geofono è e deve essere sempre lo stesso per tutte le battute. Laddove sia presente un di scostamento dei valori di start deve esser provveduto ad un riassetto dei ritardi sui

Via Garibaldi 34 - 51011 Buggiano (PT) - tel. e fax 057230014 - cell. 3483342249  
c.f. PCNLDM61E25B251C - P.I. 01116400472 - email landopacini@libero.it

canali delle terre geofoniche.

L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti, avanzando in profondità, vengano raccolte a ricostruire un unico sismogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di tanti geofoni quante sono le posizioni di misura nel foro. In particolare vengono raggruppate in un sismogramma le forme d'onda relative al geofono verticale P (asse z) e in un altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali S (assi x e y).

Il passo tra una lettura e l'altra è generalmente fissata in funzione della stratigrafia, preferendo comunque la permanenza del passo costante lungo l'intero foro di sondaggio. A meno di specifiche necessità geotecniche (ricerca del passaggio litologico di estremo dettaglio) il passo consigliato è definito in 1 m.

Il metodo geofisico down-hole consente la caratterizzazione meccanica dei terreni investigati mediante stima diretta della velocità di propagazione delle onde elastiche di compressione VP e di taglio VS, inoltre, qualora si conosca anche la densità  $\gamma$ , le caratteristiche meccaniche dei terreni investigati:

$\nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2}$	rapporto di Poisson
$G = \rho \cdot V_s^2$	modulo di taglio
$E = 2 \cdot G \cdot (1 + \nu)$	modulo di Young
$M = \frac{(\gamma \cdot V_p^2)}{g}$	modulo di compressibilità

Anche per quanto riguarda i profili sismici verticali, occorre precisare che non sempre gli spessori coincidono con quelli dei litotipi, poiché possono esserci strati contigui litologicamente diversi caratterizzati da valori simili delle velocità delle onde elastiche e così pure strati litologicamente omogenei in cui la velocità varia per una variazione di uno dei parametri fisici come ad esempio la porosità o il contenuto d'acqua che lo caratterizzano.

### 2.1.1. Onde S

Dopo la lettura dei tempi di arrivo del segnale sismico relativi ai percorsi scoppio-geofono ed una elaborazione preliminare del segnale (filtraggi, aggiustamenti in ampiezza, ecc.) si procede al calcolo della velocità. I tempi di primo arrivo letti dai sismogrammi sono posti in funzione della profondità della sorgente su un diagramma spazio-tempo eseguendo così la dromocrona e calcolando le velocità in funzione delle pendenze ottenute tramite le rette di regressione interpolanti. Al fine di rendere indipendente la velocità calcolata dai suoli attraversati, sono successivamente calcolate le velocità intervallari con intervalli di un metro, utilizzando la seguente formula:

$$V_{int} = \frac{z_{i+1} - z_i}{t_{i+1} \cos \theta_{i+1}^S - t_i \cos \theta_i^S}$$

Ove con  $z_i$  sono indicate le profondità del geofono alla generica profondità  $z$ , con  $t_i$  i rispettivi tempi di primo arrivo e con  $\cos \theta_i$  l'angolo che il raggio sismico forma con la normale alla superficie a quella profondità.

### 2.1.2 Onde P

Analogamente a quanto sopra, si procede al calcolo della velocità delle onde compressionali P.

Anche in questo caso i tempi di primo arrivo letti dai sismogrammi sono posti in funzione della profondità della sorgente su un diagramma spazio-tempo eseguendo così la dromocrona e calcolando le velocità in funzione delle pendenze ottenute tramite le rette di regressione interpolanti.

Anche per le onde P sono calcolate le velocità intervallari, ma si ritengono poco significative in quanto, a causa del basso valore dei tempi registrati, dovuti alle relative elevate velocità delle onde stesse, l'andamento risulta fortemente variabile anche con piccole variazioni nelle letture dei tempi nella seconda e terza cifra decimale.

operare senza tubazione di rivestimento. Ognuno dei metodi sopra esposti pone problemi nell'ottenere segnali completi e facilmente leggibili, propri del tipo e della qualità d'accoppiamento terna/terreno.

L'acquisizione dei dati si articola in due fasi: generazione ed acquisizione delle onde di compressione P e delle onde SH. Le onde P trovano produzione mediante massa battente in direzione verticale su piattello solidale al terreno; le onde SH sono prodotte dall'impatto di massa battente su traverso sovraccaricato al fine di renderlo solidale col terreno. La sorgente sismica è costituita, per sondaggi spinti a non oltre 50 m, da una massa battente (mazza dal peso di 10kg). Laddove necessario si potrà considerare l'utilizzo di masse maggiori con necessità di sollevamento mediante sistemi a carrucola che devono, comunque, garantire una silenziosità e controllo di caduta in fase di rilascio.

Per terreni con difficoltosa definizione del primo arrivo delle onde S, oltre alla sommatoria di n battute, si può attuare la sovrapposizione dei segnali generati mediante impatto con direzione inversa sul traverso. Tale tecnica produce l'inversione di fase dell'onda e la sovrapposizione tra due acquisizioni alla medesima profondità permette la migliore definizione del primo arrivo onde S.

L'analisi dei dati sismici provenienti da una prova Down Hole, consiste nel diagrammare i tempi di tragitto, misurati lungo il percorso sorgente-ricevitore, in funzione della profondità, determinando la velocità verticale dei terreni incontrati nella perforazione ed i loro moduli elastici.

Il metodo più semplice per calcolare la velocità media negli intervalli tra due posizioni geofoniche contigue è quello di presupporre che le onde viaggino quasi verticalmente e che quindi la loro velocità apparente sia  $dz/dt$  dove  $dz$  è l'incremento infinitesimo di profondità e  $dt$  il corrispondente incremento dei tempi di arrivo.

Infatti il fronte d'onda ed il relativo raggio sismico non subiranno variazioni in presenza di eventuali discontinuità solo nel caso di incidenza normale, cioè quando la sorgente è molto prossima al pozzo, ed inoltre le superfici di discontinuità sono perpendicolari all'asse della perforazione stessa.

#### CORREZIONE

Mediante una applicazione su foglio elettronico (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger massimo) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove  $z$  è la profondità del ricevitore,  $d$  è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore,  $R$  la distanza superficiale tra sorgente e dentro del foro,  $t$  il tempo determinato dalle tracce di registrazione e  $t^*$  il tempo corretto.

In genere però la condizione di grande prossimità tra sorgente e bocca-pozzo non è mai verificata, non solo per motivi logistici ma anche per evitare che l'onda elastica si trasmetta lungo il materiale di condizionamento del pozzo provocando fenomeni di disturbo ai segnali (onde di tubo).

Quindi la sorgente si colloca sempre ad una certa distanza  $d$  (non trascurabile), per cui è necessario correggere i tempi di arrivo in modo tale da ottenere i valori che si riscontrerebbero se il percorso dei raggi fosse verticale.

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio non inferiore al decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'energizzazione fornita al terreno e l'inizio della registrazione sul sismografo si traduce in un errore significativo nei valori di velocità misurati.

Per annullare ogni effetto di ritardo, viene posizionato un geofono esterno, detto geofono spia, a distanza costante lungo l'intero step di acquisizione; non è necessario che il geofono spia sia collocato in prossimità del foro di sondaggio, anzi, al fine di ovviare l'intralcio alle operazioni di corda, se ne ritiene opportuna una distanza di almeno 3 m dal foro e altrettanto dalla zona di energizzazione.

La forma d'onda restituita da questo geofono viene acquisita su un canale del sismografo e viene analizzata separatamente rispetto a quello che avanza in profondità, in modo da poter valutare ogni possibile anticipo o ritardo del treno d'onda.

Il valore del tempo del primo fronte di arrivo a questo geofono è e deve essere sempre lo stesso per tutte le battute. Laddove sia presente un di scostamento dei valori di start deve esser provveduto ad un riassetto dei ritardi sui

Via Garibaldi 34 – 51011 Buggiano (PT) – tel. e fax 057230014 – cell. 3483342249

c.f. PCNLDM61E25B251C – P.I. 01116400472 – email landopacini@libero.it

Generalmente le acquisizioni in onde P risultano essere di peggior qualità rispetto alle acquisizioni in S. Tale condizione deriva da alcuni fattori:

- minimo ritardo tra i vari geofoni con conseguente difficoltà di lettura (problema generalmente risolvibile con l'incremento della frequenza di campionamento, che nell'occasione poniamo non inferiore a 10kHz)
- possibile canalizzazione delle onde compressionali lungo la cementazione e la tubazione di rivestimento
- possibile disturbo derivante da microfessurazione e/o disturbo nel terreno fianco foro
- minor energia trasmessa nelle onde P rispetto alle onde S
- presenza di falda che limita la trasmissione delle onde compressionali

In caso di presenza di terreni compressibili in superficie, si può considerare, in accordo con il progettista, se la produzione di onde P sia strettamente necessaria. Infatti l'impatto può infiggere il piattello di battuta e generare disomogeneità del ritardo derivante dalla differente profondità contatto con il terreno.

## Considerazioni sul cantiere svolto

Per l'esecuzione del cantiere d'interesse, ci siamo avvalsi di una strumentazione di acquisizione DoReMi – SARA.pg. 16bit con frequenza di campionamento 10kHz per ognuno dei 4 canali registrati (una tema + geofono spia).

Il geofono da foro utilizzato è stato prodotto da AMBROGEO ed è costituito da una tema geofonica (costituita da 1P+2S) Mark product's con frequenza propria di 4.5Hz. Il geofono spia è costituito da geofono SARA.pg 4.5Hz.

Per la produzione di onde P ci siamo avvalsi di piattello in duralluminio ø25 cm e mazza battente 10 kg.

Per la generazione di onde SH è stato utilizzato un traverso in legno con sovraccarico mediante automezzo.

Anche per questo sistema ci siamo avvalsi di massa battente con direzione d'impatto parallela al terreno.

La distanza tra il foro di sondaggio e la zona di battuta è stata misurata in m 2.35.

Discreta la cementazione in foro risultata in fase di acquisizione.

Ai fini dell'interpretazione stratigrafica si evidenziano quattro spessori di interesse sulla base delle Vp:

- 0- 4.00 m terreno superficiale e materiale a comportamento granulare; da 4.00 a 8.00 m con materiale tendenzialmente granulare tipo ghiaioso; da 8.00 a 11.00 m materiale a comportamento coesivo tipo limoso; da 11 a 24.00 m materiale grossolano; da 24.00 a F.F. materiale fine a comportamento coesivo.

La velocità delle onde di taglio equivalente sui 30 m dal piano di posa, indicato a -1.00 m da p.c., risulta essere Vs30 = 299 m/sec da cui si potrebbe definire una categoria di sottosuolo di fondazione semplificata di tipo C.

E' fatto rimando alla direzione Tecnica la validazione del modello semplificato sopra definito.

x Lpgeognostica



Dott. Geol. Lando Umberto Pacini

**AZIONE SISMICA**

**Determinazione dei parametri sismici**

Via  n°

Comune  Cap

Provincia

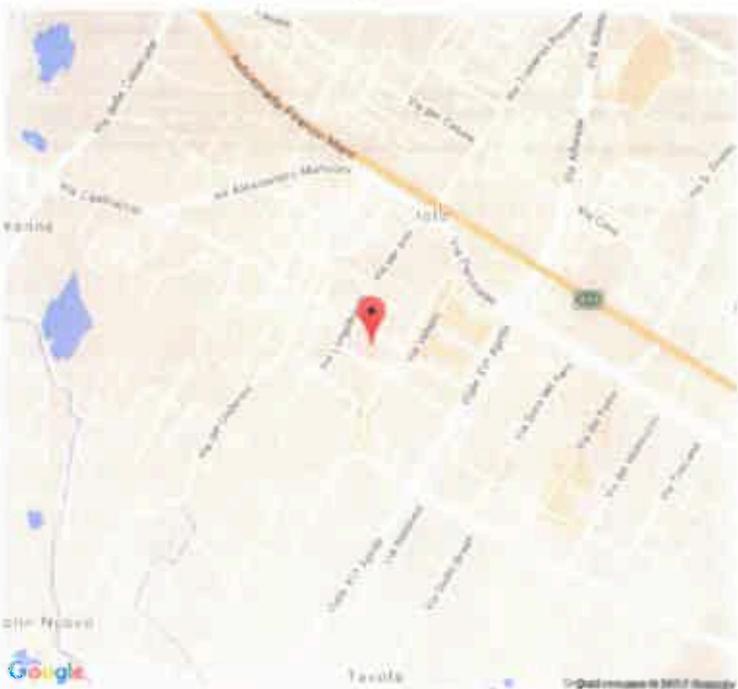
Latitudine  WGS84 (\*)

Longitudine

Isole



43.659986, 11.046297



43.659986, 11.046297

(1)\* Coordinate WGS84 (°)

Latitudine  Longitudine

---

(1)\* Coordinate ED50 (°)

Latitudine  Longitudine

Classe dell'edificio

(II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...)

Cu = 1

Vita nominale (Opere provvisorie <= 10, Opere ordinarie >= 50, Grandi opere >= 100)

Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>0</sub> [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>0</sub> [s]
Operatività (SLD)	30	0,040	2,528	0,240
Danno (SLD)	50	0,059	2,560	0,265
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,138	2,434	0,299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,177	2,384	0,310
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muri di sostegno  Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
S <sub>0</sub> * Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,45
C <sub>c</sub> * Coeff. funz. categoria	1,66	1,63	1,57	1,55
S <sub>t</sub> * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Acc.ne massima attesa al sito [m/s <sup>2</sup> ]	0.6			
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k <sub>h</sub>	0,015	0,018	0,050	0,082
k <sub>v</sub>	0,007	0,009	0,025	0,031
A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	0,715	0,866	2,028	2,520
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

\* I valori di S<sub>0</sub>, C<sub>c</sub> ed S<sub>t</sub> possono essere variati.

## Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

## Sito in esame.

latitudine: 43,8609431546771  
 longitudine: 11,0472860585745  
 Classe: 2  
 Vita nominale: 50

## Siti di riferimento

4273,178	Sito 1 ID: 19611	Lat: 43,8584	Lon: 10,9941	Distanza:
1298,862	Sito 2 ID: 19612	Lat: 43,8598	Lon: 11,0634	Distanza:
5548,106	Sito 3 ID: 19390	Lat: 43,9098	Lon: 11,0615	Distanza:
6878,274	Sito 4 ID: 19389	Lat: 43,9083	Lon: 10,9921	Distanza:

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

## Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,049 g  
 Fo: 2,529  
 Tc\*: 0,249 [s]

## Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,059 g  
 Fo: 2,560  
 Tc\*: 0,265 [s]

## Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475 [anni]  
 ag: 0,138 g  
 Fo: 2,434  
 Tc\*: 0,298 [s]

## Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975 [anni]  
 ag: 0,177 g  
 Fo: 2,384  
 Tc\*: 0,310 [s]

## Coefficienti sismici

SLO:  
 Ss: 1,500  
 Cc: 1,660  
 St: 1,000  
 Kh: 0,015  
 Kv: 0,007  
 Amax: 0,715  
 Beta: 0,200

SLD:  
 Ss: 1,500  
 Cc: 1,630  
 St: 1,000

GeostruPS\_report\_12-12-2017\_1-29

SLV: Kh: 0,018  
Kv: 0,009  
Amax: 0,866  
Beta: 0,200

SLV: Ss: 1,500  
Cc: 1,570  
St: 1,000  
Kh: 0,050  
Kv: 0,025  
Amax: 2,028  
Beta: 0,240

SLC: Ss: 1,450  
Cc: 1,550  
St: 1,000  
Kh: 0,062  
Kv: 0,031  
Amax: 2,520  
Beta: 0,240

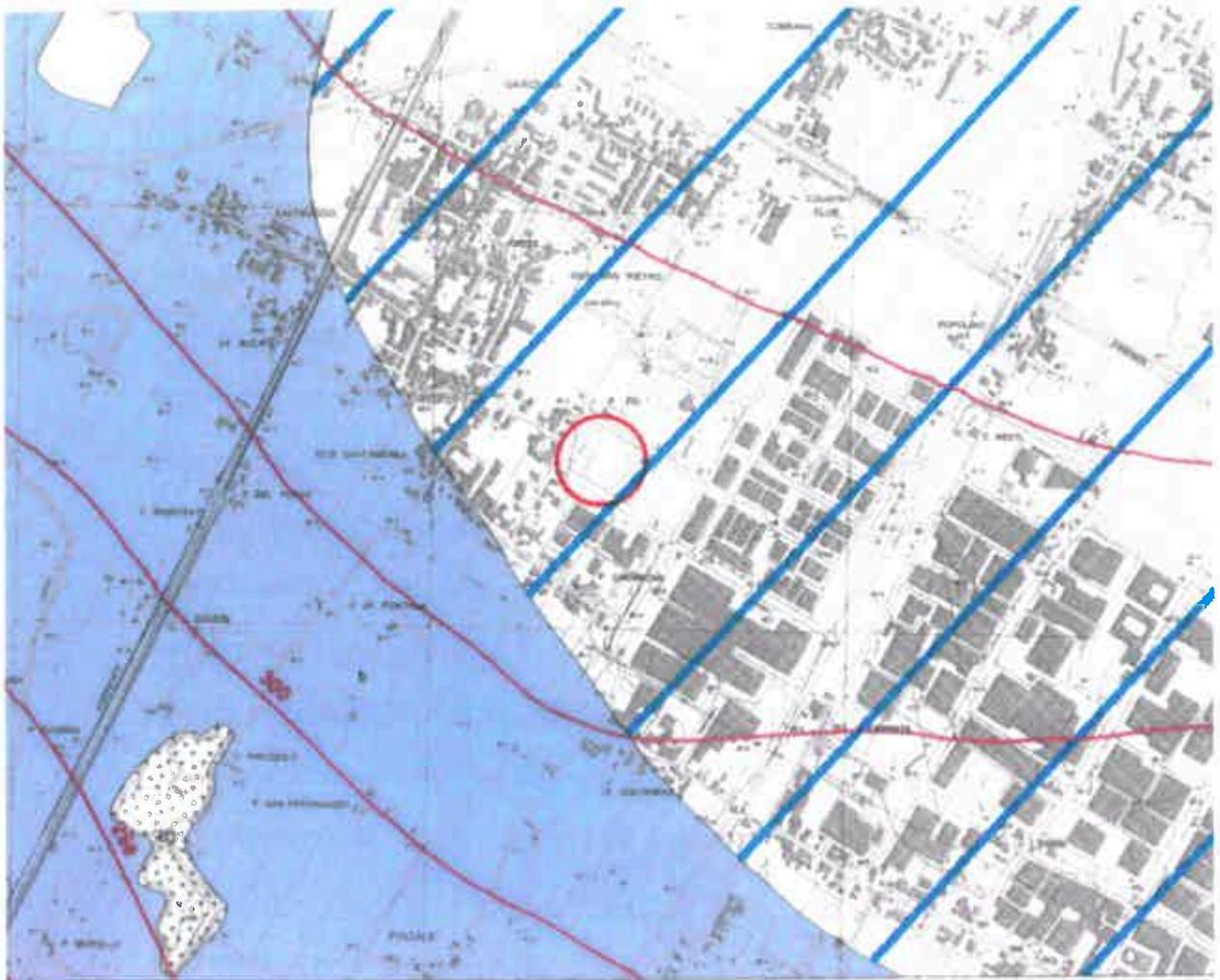
Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 43.859986

longitudine: 11.046297



Regione Toscana

0 1 2 3 4 5



Università degli Studi di Firenze  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

## CARTA GEOLOGICA DELLA TOSCANA

1 : 10.000

Sezione 263090 - GALCIANA

**Coordinamento scientifico**

Prof. Gianfranco Principi \*

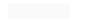
**Direzione del Rilievamento**

Prof. Massimo Celi \* Prof. Enrico Pandolfi \* Prof. Gianfranco Principi \*

Edizione Aprile 2008

### Legenda

#### Segni Convenzionali Lineari

-  Traccia di alveo fluviale abbandonato
-  Argine artificiale
-  Isobate unità sottile

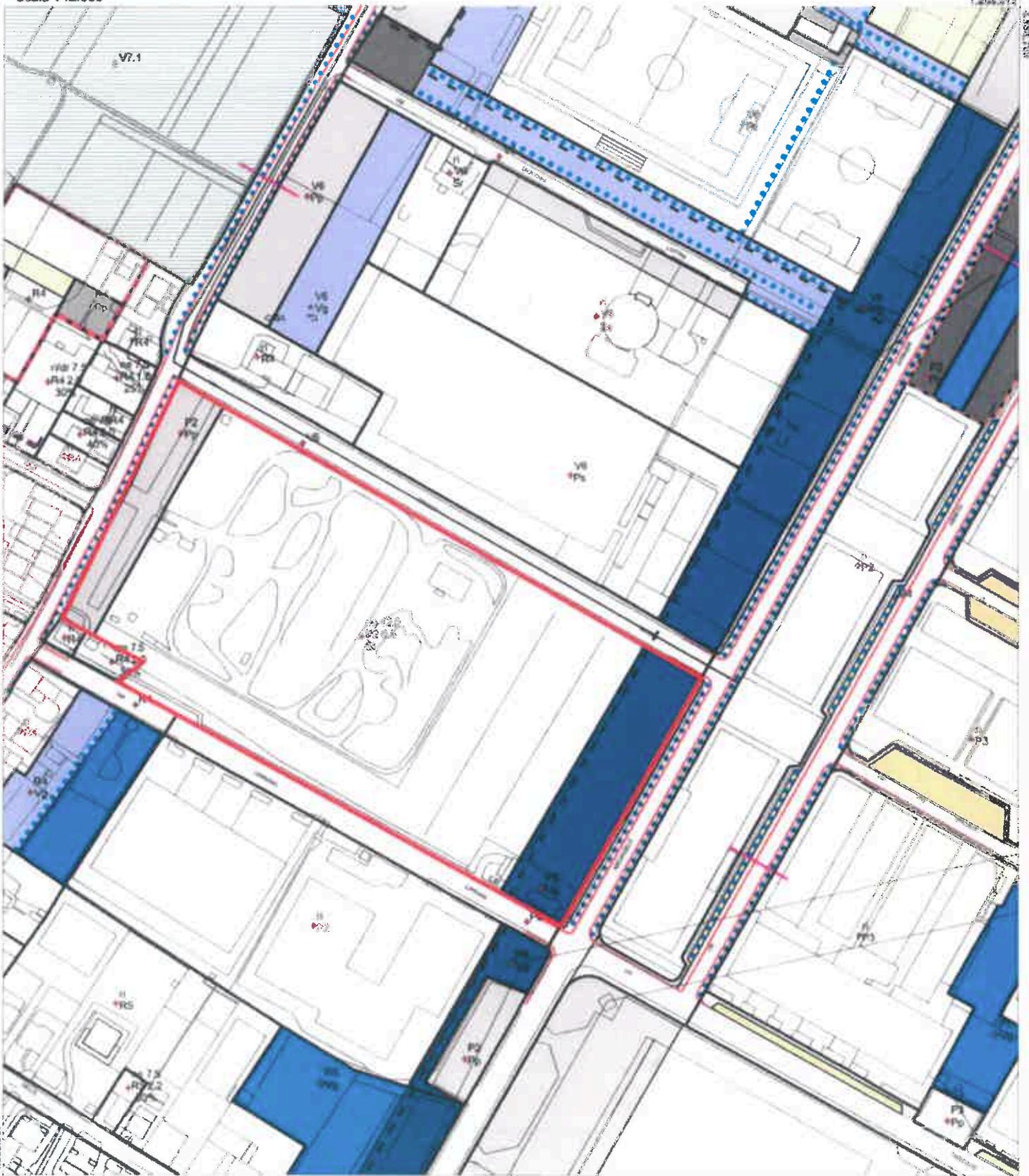
#### Deposti quaternari continentali

-  Discariche di cava e ravaneli- h3
-  Lago
-  Conoide alluvionale

#### Deposti olocenici e pleistocenici

**Regolamento Urbanistico del Comune di Prato**

Scala 1:2.000



ASSIST

1.944.274

EP80:3083

**CARTOGRAFIA DI  
MICROZONAZIONE SISMICA**

**Carta geologico-tecnica**

**Carta delle frequenze**

**Carta delle isobate**

**Carta delle MOPS**

**CARTOGRAFIA GEOLOGICO-TECNICA  
DI SUPPORTO AL P. S.**

**CARTOGRAFIA  
DI MICROZONAZIONE SISMICA**







# CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Permettazioni ottenute con studio idrologico-idraulico di dettaglio su tutto il reticolo idrografico implementato con i dati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

(I.4) Pericolosità idraulica molto elevata (T= tempo di ritorno)

Area interessate da allagamenti per eventi con  $T < 30$  anni

(I.3) Pericolosità idraulica elevata

Area interessate da allagamenti per eventi con  $T$  compreso tra 30 e 200 anni

(I.2) Pericolosità idraulica media

Area interessate da allagamenti per eventi con  $T$  compreso tra 200 e 500 anni

(I.1) Pericolosità idraulica bassa

Area morfologicamente rilevate

Interventi strutturali di cui al Piano Strutturato Idraulico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

Interventi di tipo "A" (norma 2 de DPCM 5/11/99)

Interventi di tipo "B" (norma 3 de DPCM 5/11/99)

Cassa di espansione realizzate

Cassa di espansione in progetto

reticolo idrografico

tratto intubato

emissario del depuratore

scolmatore

corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico (elenco PIT)

PO2034 RIV. BULI

PO2905 VELLA

PO1313 BARDENA COLLE

PO2479 BISENZIO

PO1406 MERIDIANICIONE

PO2460 BAGNOLIO

PO1215 IL POBBETTO

PO2405A CALICE

PO2728 UMBRIONE

PO1181 FILACORTLA A

PO1255 GORA BRESCI

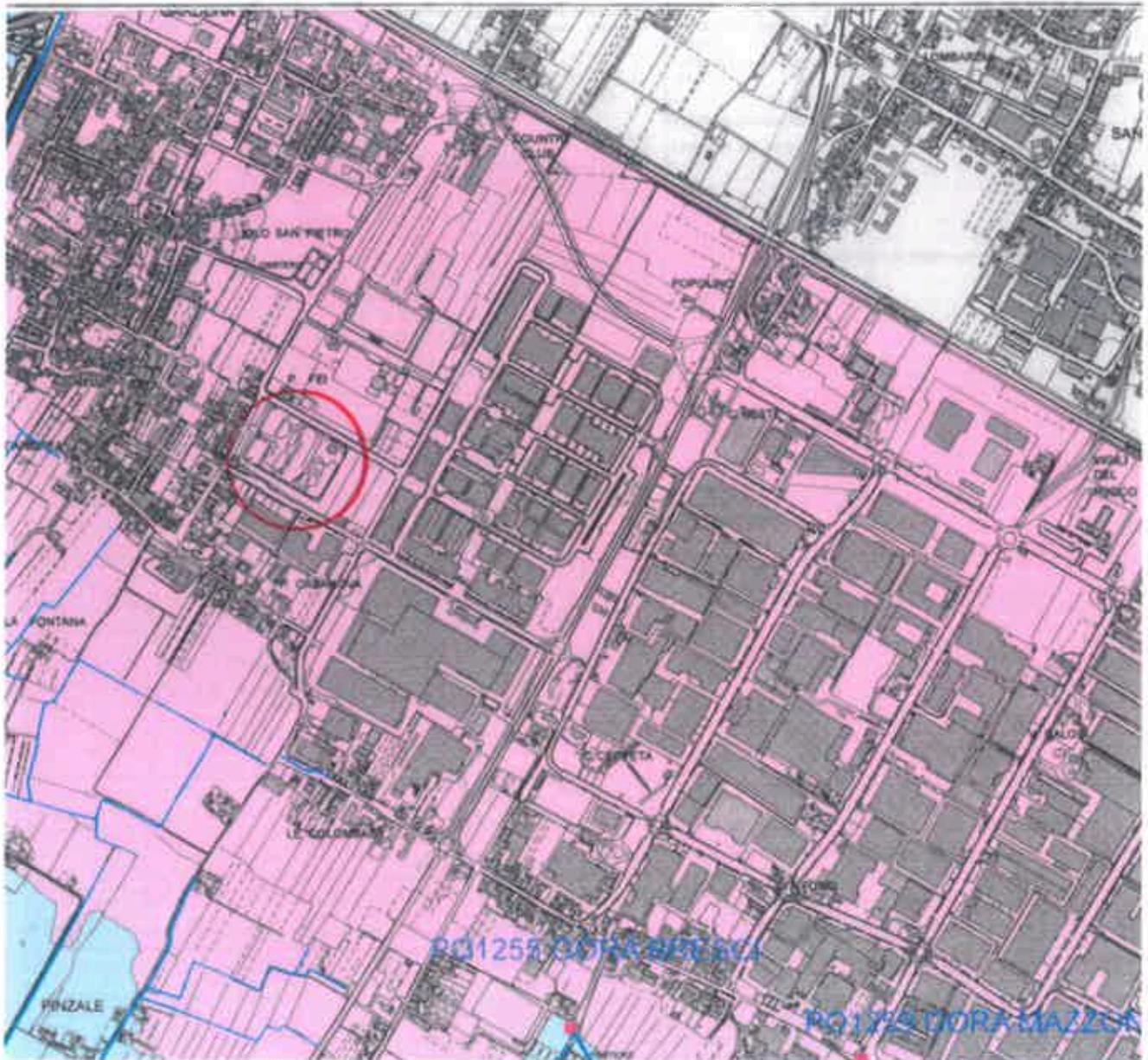
PO1259 GORA MAZZONI

PO1254 GORA DI ROMITO

PO1258 GORA DI CASTELNUOVI

PO1260 BANDITA

PO2892 MARNELLA



# CARTA DELLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

## APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DELL'ACQUEDOTTO

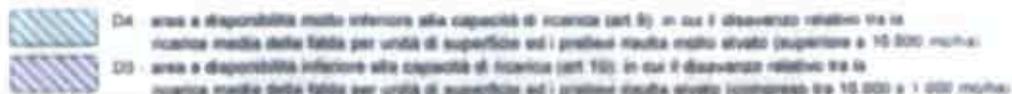


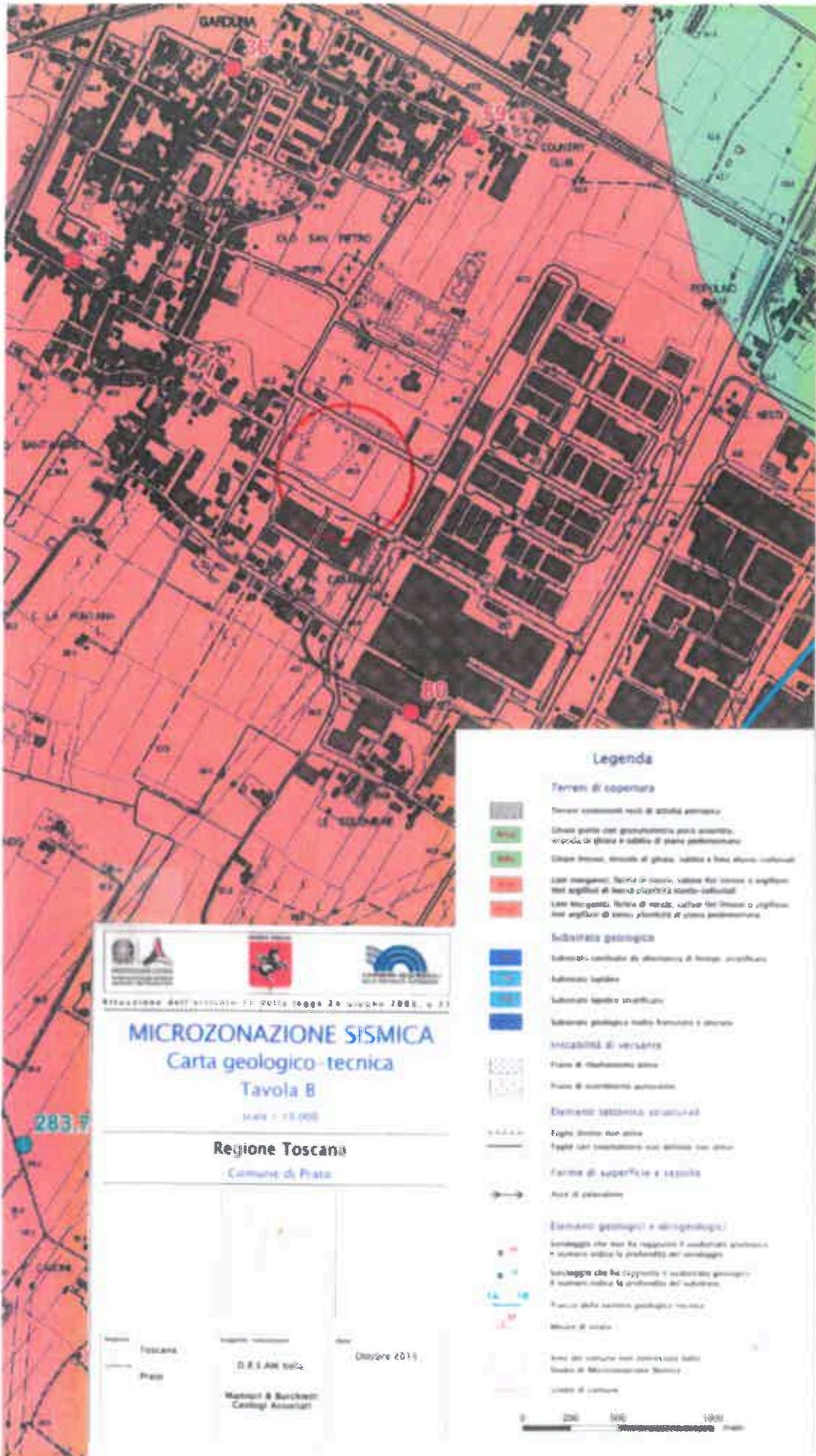
## VULNERABILITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE



## DISPONIBILITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Progetto di Piano di Bacino Stradale "Stazioni Motori" (Del. C.1 n. 24 del 26 Febbraio 2006)





**Legenda**

**Terroni di copertura**

- Terreni cementati rossi di antica estrazione
- Classi medie con granulometria perlopiù sabbiosa, strati di ghiaia e sabbia di piano pedemontano
- Classi fini, strati di ghiaia, sabbia e limi sabbia-sabbiosi
- Classi medio-grossi, livelli di sabbia, sabbie fini limose e argille fini argillose di forma piastrellata sabbia-sabbiosa
- Classi medio-grossi, livelli di sabbia, sabbie fini limose e argille fini argillose di zona pianeggiante di piano pedemontano

**Substrato geologico**

- Substrato costituito da alluvioni di origine alluvionale
- Substrato lapideo
- Substrato lapideo stratificato
- Substrato porfirico medio-finestrato e strato

**Instabilità di versante**

- Frane di dissesto erosivo
- Frane di dissesto gravitativo

**Elementi sismotecnici strutturali**

- Faglia attiva non asse
- Faglia con incertezza sul senso del movimento
- Fanno di superficie a seppia
- Feno di paludismo

**Elementi geologici e litogeologici**

- Simbolo che non ha rapporto il substrato geologico e sismotecnico con la profondità del substrato
- Simbolo che ha rapporto il substrato geologico e sismotecnico con la profondità del substrato
- Fanno della cartina geologica tecnica
- Mura di cinta

**Altri dati tecniche non strutturali (dati)**

- Strada di comunicazione
- Strada di comunicazione



Attuazione dell'articolo 17 della legge 26 giugno 2003, n. 37

**MICROZONAZIONE SISMICA**  
**Carta geologico-technica**  
**Tavola B**  
 scala 1:10.000

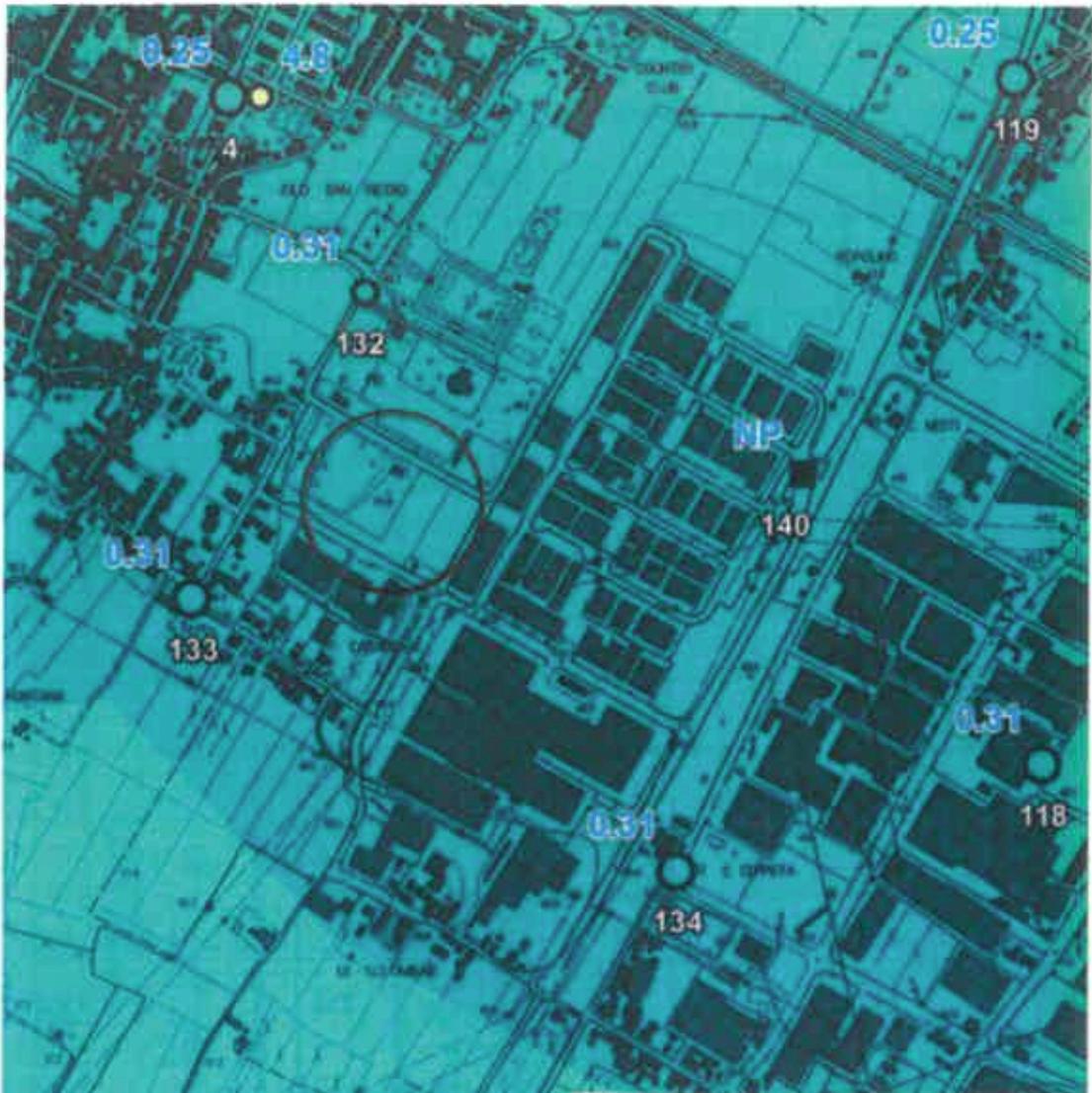
---

**Regione Toscana**  
 Comune di Prato

---

D.R. 1.000/2015  
 Mattioli & Burchielli  
 Cartografi Associati

Dicembre 2015



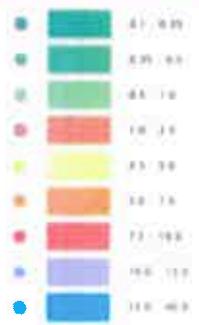
**MICROZONAZIONE SISMICA**  
 Carta delle frequenze naturali dei depositi  
 Tavola B  
 scala 1:10.000

Regione Toscana  
 Comune di Prato



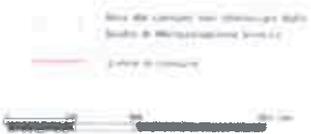
**Legenda**

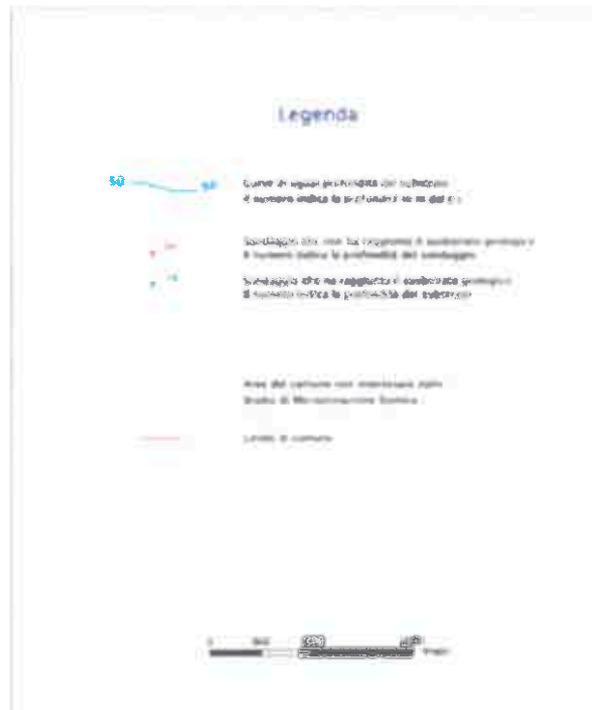
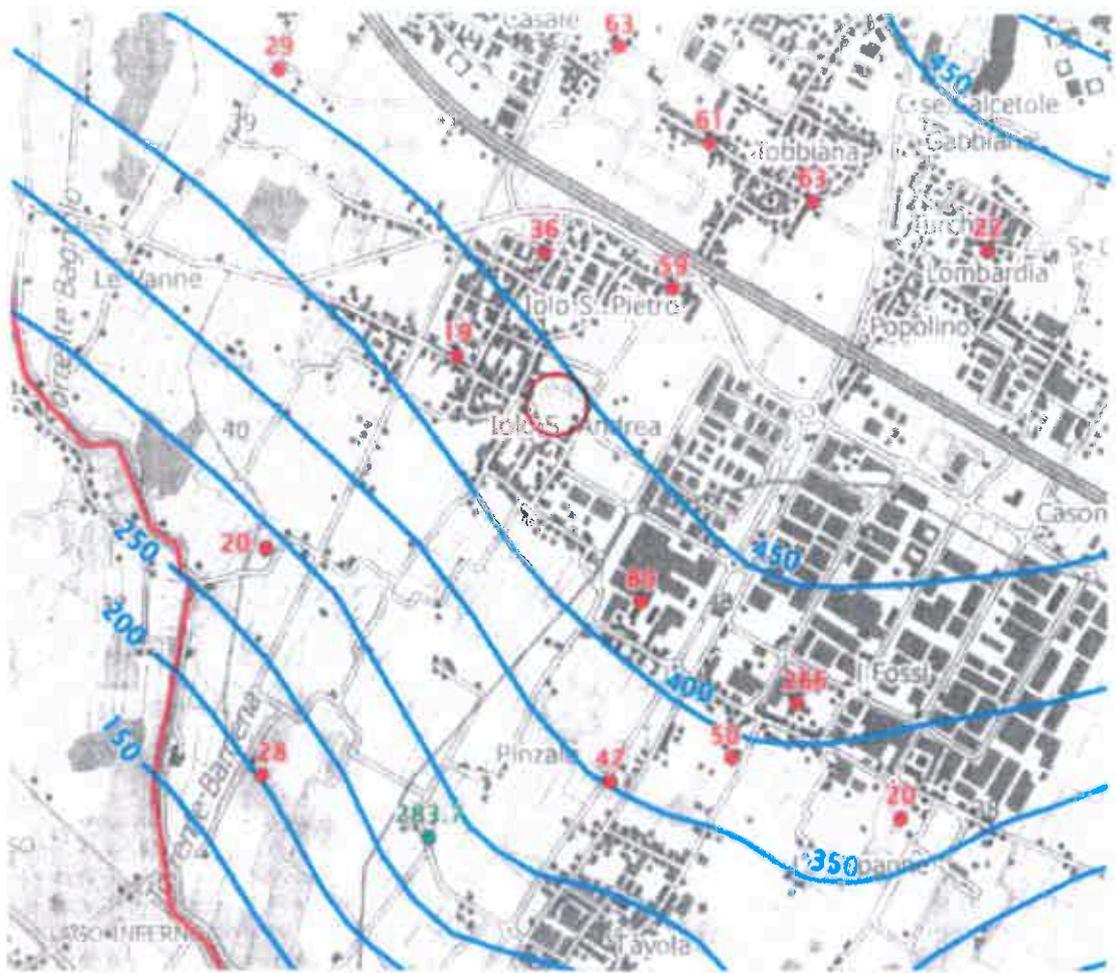
Classificazione in base agli Intervalli di Frequenza in Hz

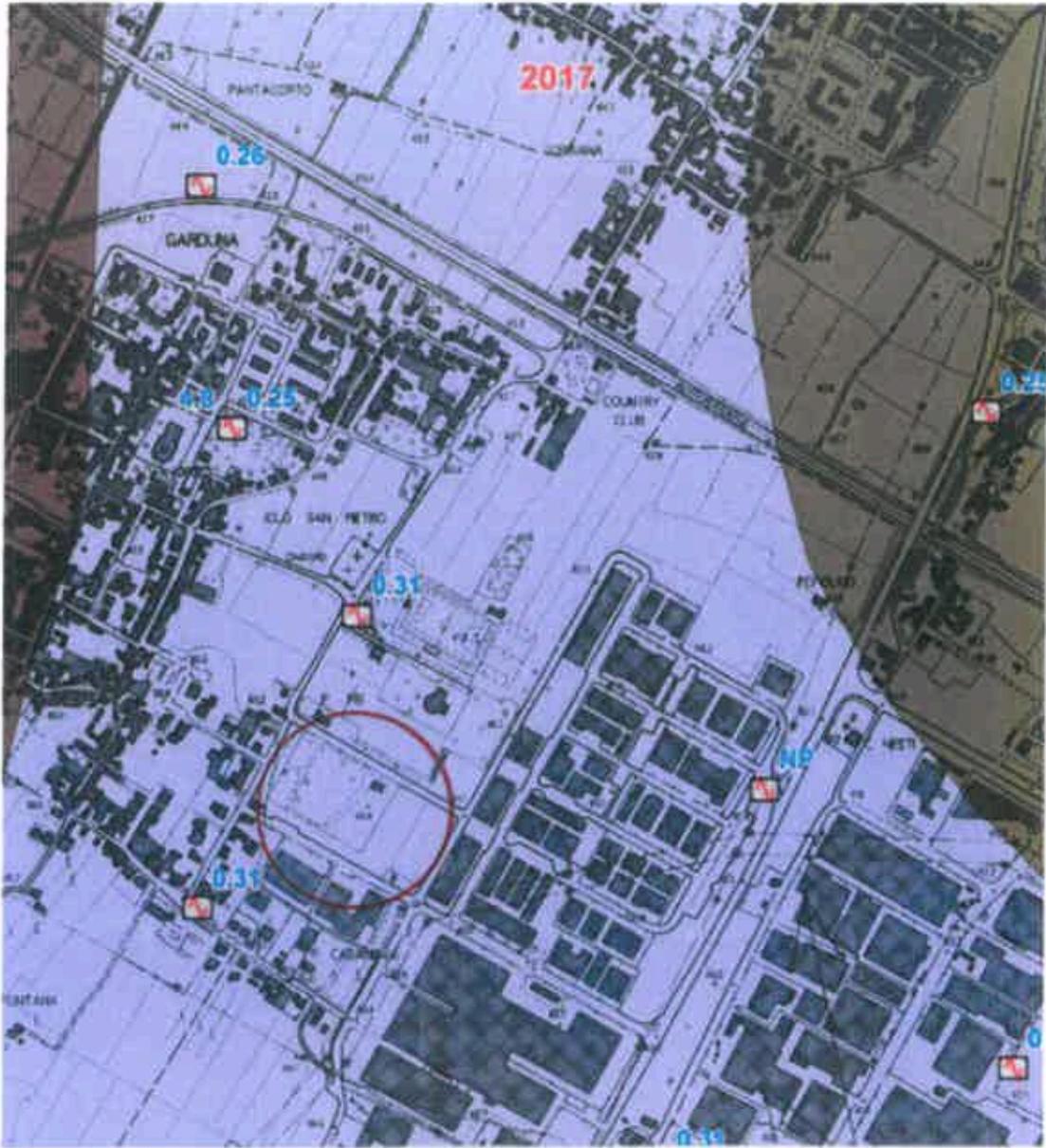


Classificazione in base al valore di amplificazione

- W<sub>0.25</sub> (W<sub>0.25</sub> con amplificazione inferiore a 2.2 e 2.3)
- W<sub>0.31</sub> (W<sub>0.31</sub> con amplificazione inferiore a 2.2 e 2.3)
- W<sub>0.38</sub> (W<sub>0.38</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>0.5</sub> (W<sub>0.5</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>1.0</sub> (W<sub>1.0</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>2.0</sub> (W<sub>2.0</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>3.0</sub> (W<sub>3.0</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>5.0</sub> (W<sub>5.0</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>7.5</sub> (W<sub>7.5</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>10.0</sub> (W<sub>10.0</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>15.0</sub> (W<sub>15.0</sub> con amplificazione < 2.2)
- W<sub>20.0</sub> (W<sub>20.0</sub> con amplificazione < 2.2)







Sezione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2006, n. 37

## MICROZONAZIONE SISMICA

### Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

#### Tavola A

Scala 1:10.000

**Regione Toscana**  
Comune di Prato

Toscana  
 Prato  
 0 0.2 KM scala  
 (settembre 2015)

Elaborazioni & Disegni: **Geosurvey**  
 Geosurvey - Geomatica

### Legenda

**Zone sismiche**

**Zone sismiche suscettibili di amplificazioni topografiche**  
(Sismicità su pendio con inclinazione > 15°)

**Zone sismiche suscettibili di amplificazioni locali**

Zona 0	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11
Zona 12	Zona 13	Zona 14	Zona 15	Zona 16	Zona 17
Zona 18	Zona 19	Zona 20	Zona 21	Zona 22	Zona 23

Zona 18	Zona 17	Zona 16	Zona 15	Zona 14
---------	---------	---------	---------	---------

- 18: Fortiori caratteristiche sismiche di elevata sismicità
- 16: Area sismica, forte di natura sismica Sismicità elevata, con sviluppo di faglia orientata
- 15: Area sismica, sviluppo di faglia NW-SE e E-W
- 14: Zona sismica ad alta sismicità con particolare alta sismicità, sviluppo di faglia NW-SE
- 13: Sviluppo sismico NW-SE
- 12: Sviluppo sismico NW-SE
- 11: Sviluppo sismico NW-SE
- 10: Sviluppo sismico NW-SE
- 9: Sviluppo sismico NW-SE
- 8: Sviluppo sismico NW-SE
- 7: Sviluppo sismico NW-SE
- 6: Sviluppo sismico NW-SE
- 5: Sviluppo sismico NW-SE
- 4: Sviluppo sismico NW-SE
- 3: Sviluppo sismico NW-SE
- 2: Sviluppo sismico NW-SE
- 1: Sviluppo sismico NW-SE

**Zone di attenzione per insediamenti**

- 19, 20, 21: Zone di attenzione per insediamenti di interesse storico
- 22, 23: Zone di attenzione per insediamenti di interesse storico
- 24: Sviluppo sismico

**Punti di misura e di numero antisismico**

- 1: Punto di misura di interesse sismico con riferimento agli edifici di 14 m di altezza che ospitano due piani sismici, per le quali sono stati elaborati due livelli sismici

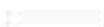
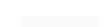
Scala 1:10.000  
 Geosurvey - Geomatica

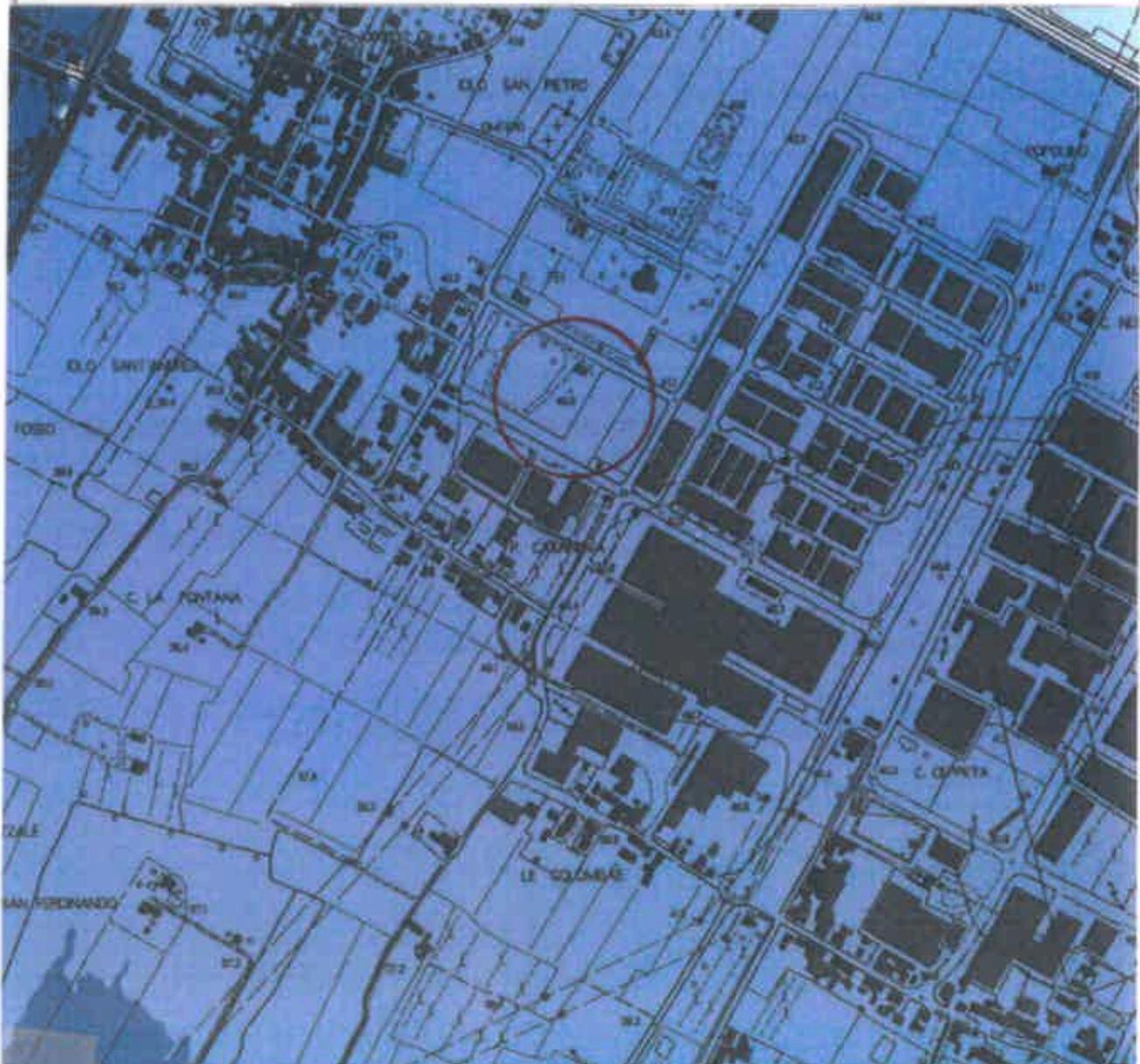


*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

# Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

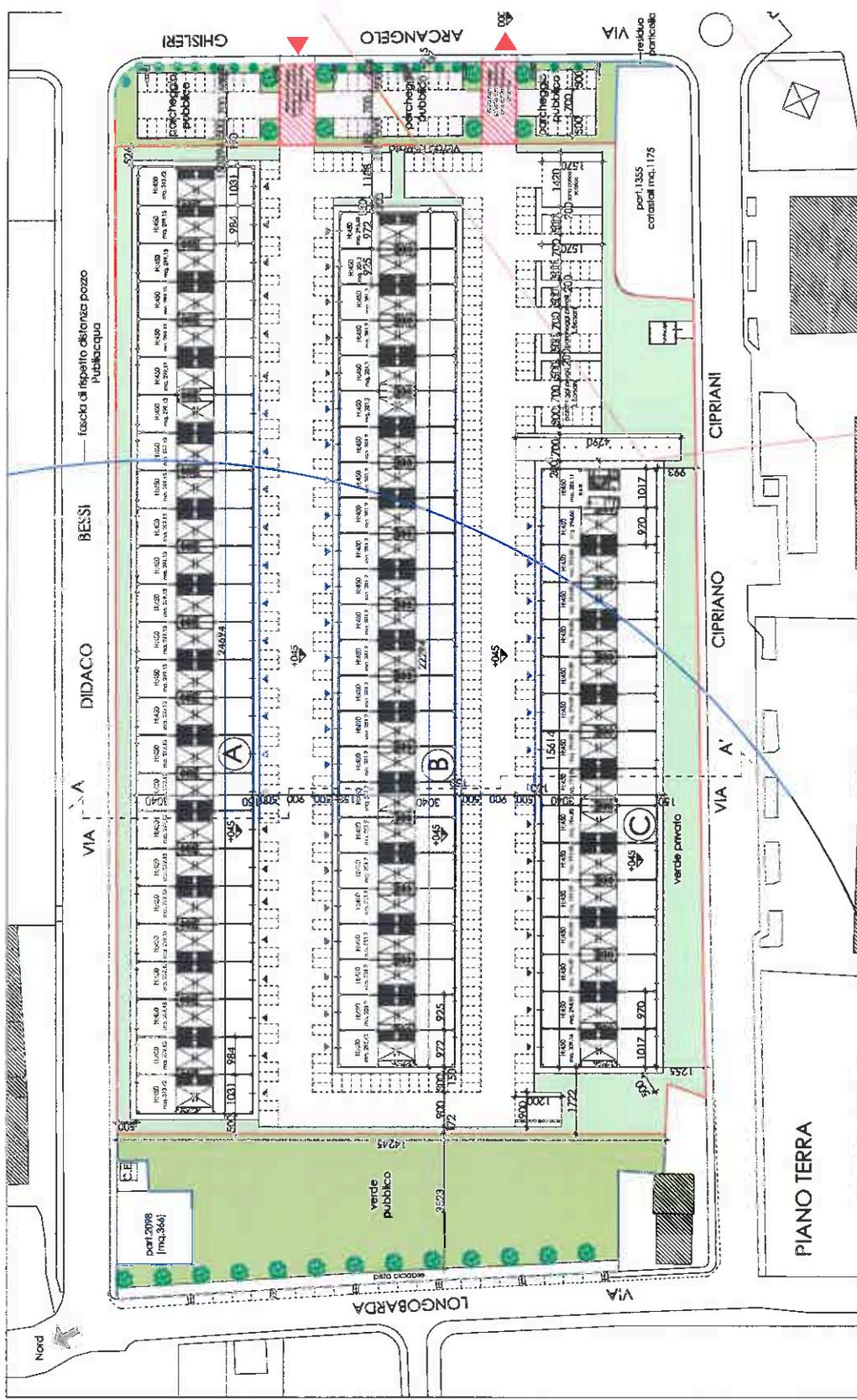


-  P3
-  P2
-  P1
-  Limite del Bacino del Fiume Arno
-  Confine Regionale
-  Confini comunali
-  Linea di costa
-  Reticolo fiume Arno e affluenti
-  Laghi e invasi
-  Straici A3
-  Straici A3 interessati da area a pericolosità idraulica





**STRALCI DA TAVOLE DI PROGETTO**



COMUNE DI PRATO

PIANO ATTUATIVO PER LA REALIZZAZIONE DI TRE IMMOBILI A DESTINAZIONE ARTIGIANALE - COMMERCIALE ALL'INGROSSO E IN PARTE COMMERCIALE PER BAR, RISTORANTE E NEGOZI. POSTI VIA GHSILERI, VIA BESSI, VIA CIPRIANI, VIA LONGOBARDA LOCALITA' IOLO

Proponente: Esse Bi Esse s.r.l.  
via Ferrucci n.203/c  
59100 Prato

Progettista: arch. Alessio Canini  
via del Molinuzzo 1097/a  
59100 Prato

elaborato	scala	tavola
Planimetria generale Pianta piano terra e piano primo e copertura	1:500	EP01 EP02
Stato al Progetto	27-11-2017	

LEGENDA

- Superficie Territoriale (ST) MG.45.650
- Superficie Fondiaria (SF)
- Superficie privata uso pubblico
- Verde Pubblico
- Verde Privato
- Parcheggio pubblico

