

Realizzazione di centrale idroelettrica ad acqua fluente su fiume Elsa.

Procedimento A.U.E. art.12 D. Lgs.387/03 e LR 39/05

Relazione Geologica



Loc. Molin Nuovo – Empoli (FI) Fiume Elsa

Committenza:

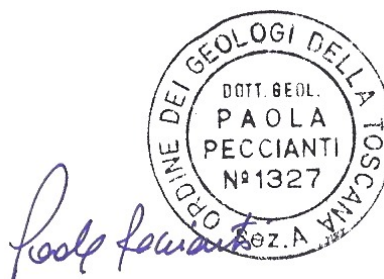
MERS s.a.s.

Via A. Pacinotti 6/A
Santa Croce S/Arno

Lucca, Gennaio 2017

Il Geologo:

dott. Geol. Paola Peccianti



INDICE

1. - PREMESSA E DATI DI PROGETTO.....	2
1.1 – Quadro normativo	3
2. – MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	5
2.1 – Stato dei luoghi.....	5
2.2 – Geologia e geomorfologia di dettaglio	6
2.4 – Litotecnica.....	7
2.5 - Idrogeologia e vulnerabilità dell'acquifero.....	8
2.6 - Idrografia.....	9
2.8 – Ambiti fluviali e Vincoli.....	9
2.9 – Punti di captazione idrica idropotabile	12
2.10 – Carta delle aree allagate e allagabili.....	12
3. – PERICOLOSITA' DELL'AREA SECONDO LO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE.....	13
3.1. – Pericolosità Geomorfologica.....	13
3.2. – Pericolosità Idraulica	13
3.3. – Pericolosità Sismica.....	15
4. – VINCOLI SOVRAORDINATI.....	15
4.1. – Pericolosità Geomorfologica (Autorità di Bacino Fiume Arno)	15
4.2. – Pericolosità Idraulica (Autorità di Bacino Fiume Arno)	15
4.3. – Piano Gestione Rischio Alluvioni (Autorità di Bacino Fiume Arno)	16
4.4. – Valutazioni in merito alla LR 21/2012	17
4.5 - Bilancio Idrico	19
5. – INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA DI MASSIMA.....	21
5.1 – Indagini di riferimento	21
5.1.1 – Indagini a corredo del PS comunale	21
5.2 – Indagini in situ.....	21
5.2.1 – Penetrometrie statiche CPT.....	22
5.2.2 – Indagine sismica Masw	22
5.2.3. – Misura di microtremore H/V.....	23
6. – STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	24
6.1 – Stratigrafia della sponda destra del F. Elsa (Comune di Empoli).....	24
6.2 – Valutazione dei parametri caratteristici	25
7. - VALUTAZIONI DI CARATTERE SISMICO.....	25
7.1 - Quadro normativo in materia antisismica della Regione Toscana.....	25
7.2 - Sismicità del sito.....	28
7.3. – Caratterizzazione superficie topografica.....	32
7.4 – Categoria del suolo di fondazione.....	32
7.5. – Parametri e coefficienti sismici	32
7.5.1. – Sito locale cabina Enel	32
7.5.2. – Sito locale turbina/canale di carico/scarico	34
7.6 – Suscettibilità alla liquefazione	38
8. – CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA E IMPATTI ATTESI.....	40

9. – CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA PRODUZIONE DI TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	41
---	----

BIBLIOGRAFIA.....	45
-------------------	----

FIGURE

- FIG. 1 - COROGRAFIA
- FIG. 2 - CARTA GEOLOGICA (VARIANTE PS EMPOLI)
- FIG. 3 - CARTA LITOTECNICA (VARIANTE PS EMPOLI)
- FIG. 4 - CARTA IDROGEOLOGICA (VARIANTE PS EMPOLI)
- FIG. 5 - CARTA DEI DATI DI BASE (VARIANTE PS EMPOLI)
- FIG. 6 – SEZIONI (VARIANTE PS EMPOLI)
- FIG. 7 –CARTA DEI VINCOLI (VARIANTE PS EMPOLI)
- FIG. 8 A- PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITU
- FIG. 8 B - SEZIONI LITOTECNICHE INTERPRETATIVE
- FIG. 9 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (VARIANTE PS EMPOLI)
- FIG. 10 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (RU EMPOLI)
- FIG. 11 - CARTA DELLE AREE ALLAGATE (RU EMPOLI)
- FIG. 12 - CARTA DELLE AREE ALLAGABILI (RU EMPOLI)
- FIG. 13 - CARTA DEI BATTENTI IDRAULICI (RU EMPOLI)
- FIG. 14 – AREE ACON PERICOLOSITA' IDRAULICA (PAI ARNO)
- FIG. 15 – AREE ACON PERICOLOSITA' DA FRANA (PAI ARNO)
- FIG. 16 – CARTA GUIDA DELLE AREE ALLAGATE (PIANO SRALCIO RISCHIO IDRAULICO BACINO ARNO)
- FIG. 17– CARTA DELLA PERICOLSITA' IDRAULICA (PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI – BACINO ARNO)

ALLEGATI

ALL. 1: INDAGINI IN SITU:

- PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT1)
- INDAGINE SISMICA MASW;
- MISURA DI RUMORE HVSR

ALL. 2: INDAGINI DI RIFERIMENTO (PS EMPOLI):

- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P945
- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P946
- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P947
- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P948
- STRATIGRAFIA POZZO P284 (POZZO N.33)

1. - PREMESSA E DATI DI PROGETTO

Per incarico di MERS S.A.S., è stata redatta la seguente relazione geologica inerente il progetto di realizzazione di una centrale idroelettrica, lungo il Fiume Elsa, in loc. Molin Nuovo, nel territorio comunale di Empoli (FI).

Si fa presente che per il suddetto progetto è stato attivato e concluso l'iter procedurale presso la Regione Toscana, sezione Ambiente, in merito alla verifica di assoggettabilità a VIA.

Il progetto, dopo la verifica di assoggettabilità a VIA, è stato escluso dalla procedura di VIA con Decreto della Regione Toscana n° 14296 del 23/12/2016 con alcune prescrizioni che devono essere discusse e risolte in sede di procedura di Autorizzazione Unica.

L'intervento si ubica all'interno dello stralcio CTR 274120, in sponda destra del Fiume Elsa. L'ubicazione del sito in studio è riportata in Fig. 1.



Ubicazione sito (vista aerea da Google)

Il presente progetto, per i cui dettagli si rimanda agli elaborati grafici e alle relazioni tecniche a firma dei progettisti geom. F. Scarpellini e ing. R. Simoni, prevede la realizzazione di un canale di adduzione, locale centralina e canale di restituzione.

Il progetto prevede la realizzazione dell'opera attraverso l'installazione di turbine completamente interrate in sponda destra del Fiume Elsa, in corrispondenza della Briglia esistente, in particolare l'opera di presa avverrà subito a monte e l'opera di restituzione subito a valle della briglia stessa.

Il progetto proposto, come accennato, avrà tutte le opere in cemento armato ed il macchinario idroelettrico completamente interrate. Fuori terra, in area protetta dalle esondazioni, sarà realizzato un manufatto di consegna alla rete Enel e misura dell'energia idroelettrica prodotta.

Sempre in sponda destra sarà realizzata la scala di risalita dei pesci quale intervento mitigativo all'interno del progetto di realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico.

Per la caratterizzazione generale dell'area si è fatto riferimento alle cartografie a corredo dello strumento urbanistico vigente oltre a quelle facenti parte dei Piani Stralcio del Bacino di Fiume Arno (Piano di Assetto Idrogeologico, Piano Rischio Idraulico; Piano Bilancio Idrico, Piano Gestione Rischio Alluvioni), mentre per l'identificazione del quadro geologico-tecnico di massima è stata condotta una campagna geognostica con indagini volte alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, così da fornire al Progettista strutturale, in fase di progettazione esecutiva, i parametri necessari ad una corretta programmazione ed esecuzione, in condizioni di sicurezza, degli interventi previsti.

La campagna geognostica di cui sopra che ha visto l'esecuzione di n.1 prova penetrometrica statica (CPT), n. 1 indagine sismica Masw, ed n. 1 misura a microtremore (HVSr), di cui si parlerà più dettagliatamente al successivo paragrafo § 5.0.

1.1 – Quadro normativo

Si fa presente che, oltre all'esecuzione delle indagini in situ, sono state prese di riferimento altre indagini poste nei dintorni della zona in oggetto e reperite dalla Variante al Piano Strutturale del Comune di Empoli, approvato con D.C.C.n.72 del 04/11/2013 e redatto ai sensi della DCRT n.53/R del 2011.

L'elaborazione della presente relazione è stata inoltre svolta in ottemperanza a quanto disposto dalle seguenti normative nazionali e regionali:

- R.D. n.1775 del 1923 "Utilizzazione di acque pubbliche";
- D.lgs. n° 152 del 03-04-2006 "Norme in materia di Ambiente" e s.m.i.
- L.R. 21/07/1995, n. 81 – Norme di attuazione L. 05/01/1994, n. 36: "Disposizioni in materia di risorse idriche",
- PIT, DCRT n. 12 del 25/01/2000 Piano di Indirizzo Territoriale.
- PIT - D.P.R.T. n. 45 04/04/2007 Piano di Indirizzo Territoriale, approvato con Delibera 72/07 del 24/07/07, pubblicato sul BURT n.42 del 17/10/07.
- Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico "Proposta di deliberazione al C.R. n.1 del 17-01-2014";
- Piano di Bacino del Fiume Arno – Progetto di Piano, stralcio "Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 6 maggio 2005;
- Direttiva Alluvioni (2007/60/CE);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del bacino del fiume Arno (PGRA), approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016.

- LR n.21 del 21 Maggio 2012 “Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d’acqua”;
- Regolamento di attuazione dell’art. 62 della L.R. n. 1/2005 in materia di indagini geologiche (D.P.G.R. 25.10.2011, n. 53/R).
- OPCM n. 3907 del 13.11.2010;
- OPCM 4007/2012, che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dall’Art. 11 della Legge n. 77 del 24/06/2009.
- LR n. 58/2009 inerente le norme regionali in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico;
- D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012, “Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell’O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006”;
- D.G.R.T. n. 421/2014 “Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell’O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 878/2012”;
- Decreto Ministeriale 14/01/2008 - Testo unitario Norme Tecniche per le Costruzioni (S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008 n. 29).
- Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici - Istruzione per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 Gennaio 2008. Circolare n. 617 del 2009.
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 9 luglio 2009, n. 36/R. Regolamento di attuazione dell’articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico (Bollettino Ufficiale n. 25, parte prima, del 17/07/2009).
- L.R. n 10/2010 e s.m.i. (Norme in materia di valutazione ambientale strategica /VAS), valutazione di impatto ambientale (VIA) e di valutazione di incidenza (VI).
- L.R. n 65/2014 (Norme per il governo del territorio)
- L.R. n. 39 del 21.03.2000 e s.m.i. Legge forestale della Toscana,
- Regolamento Regionale n. 48/R del 08.0.8.2003 e s.m.i..

In particolare, nella presente Relazione Tecnica, s’illustra la geologia e l’idrogeologia dell’area indagata, la stratigrafia di massima dei terreni presenti e le relative caratteristiche geomeccaniche; si fa presente inoltre che i rilievi geologico-geomorfologici di dettaglio, eseguiti direttamente in fase di sopralluogo, sono stati integrati con i dati reperiti dagli strumenti urbanistici comunali (Relazione geologica relativa alla Variante al Piano Strutturale, Relazione geologica di fattibilità – Secondo Regolamento Urbanistico comunale e dati bibliografici).

2. – MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1 – Stato dei luoghi

Il sito in oggetto si ubica in sponda destra del Fiume Elsa, ad una quota di circa 35.0 metri s.l.m. ed è raggiungibile dalla S.S. 439, verso la Via del Molin Nuovo, nella località omonima, oltre la linea ferroviaria Firenze-Siena, a circa 120 metri dal “Podere Steccaia”.

Il Fiume Elsa in questo tratto è dotato di una briglia della lunghezza di circa 47 metri. La morfologia dei luoghi è quella tipica di una pianura alluvionale con struttura del fiume meandri forme circondata da una vegetazione di tipo ripariale.

Il sito fa parte del “territorio aperto” del Comune di Empoli; la morfologia, sia a monte che a valle della briglia, presenta pendenze medie inferiori a 5%; la vegetazione è presente lungo le sponde mentre subito fuori dall’ambito di alveo sono presenti seminativi vari.

Subito a valle della briglia il Fiume Elsa risulta caratterizzato dalla presenza di un’area di sedimentazione, con sabbie e ciottolotti prevalenti, dovuta al calo di energia dell’acqua in seguito al salto morfologico; dall’osservazione delle foto aeree pare che tale area si sia formata negli ultimi dieci anni e si sia precocemente vegetata.

L’area è caratterizzata da affioramenti di formazioni alluvionali (sabbie e limi) attuali, poste al di sopra di quelle Plioceniche e Pleistoceniche, con caratteristiche geotecniche mediamente “discrete” (Sezioni litotecniche a corredo del PS comunale).



Vista dall’alto della Briglia attuale in loc. Molin Nuovo, sponda destra



Vista della Briglia attuale in loc. Molin Nuovo, sponda destra

2.2 – Geologia e geomorfologia di dettaglio

Il sito in oggetto si ubica nella zona della piana alluvionale del fiume Elsa, in particolare è caratterizzato da *depositi alluvionali* di età quaternaria, che giacciono al di sopra dei depositi più antichi, di età pliocenica, che formano l'ossatura delle zone collinari.

Sulle colline contermini la zona in oggetto, sono presenti formazioni che, partendo dai termini più antichi, possono essere così descritte:

a) Formazioni plioceniche marine

Argille azzurre di facies marina (FAA): Litologia: argille grigie e turchine, plastiche, con intercalazioni discontinue di sabbie fini più o meno limose che aumentano nella porzioni superiori della successione. La stratificazione è poco frequente. Spessore: da 50 a 90 m affiorante; notevole sviluppo nel sottosuolo (Centinaia di metri). Età: Pliocene medio - superiore.

Sabbie di facies marina (ACO1): Litologia: livelli sabbiosi stratificati intercalati nelle argille. Le sabbie sono ben stratificate e presentano granulometria da media a fine. Sono debolmente cementate, poco coerenti, alternate a limi sabbiosi e sabbie limose. Nella parte orientale del settore collinare le sabbie mostrano passaggi laterali ai conglomerati.

Spessore: variabile e lenticolare. Ogni orizzonte sabbioso può comunque variare da pochi metri a oltre la decina, con bruschi ispessimenti o riduzioni. Età: Pliocene medio - superiore.

Conglomerati (ACO2). Litologia: orizzonti ciottolosi intercalati nelle argille. I ciottoli sono arrotondati, più o meno cementati ad elementi poligenici ma prevalentemente calcarei, immersi in matrice limoso-sabbiosa fine. Sono presenti alternanze metriche con banchi di sabbia.

Spessore: variabile, gli orizzonti presentano lo stesso comportamento descritto per le sabbie plioceniche di cui sono il passaggio laterale di facies. Età: Pliocene medio - superiore.

b) Formazioni quaternarie continentali

Conglomerati, sabbie e limi fluvio-lacustri (QPL): Litologia: ghiaie e ciottoli ad elementi di Verrucano, appartenenti al ciclo alluvionale del Fiume Elsa e provenienti dagli alti tettonici di S. Gimignano e Monteriggioni con matrice sabbiosa e/o limosa. Spessore: fino a 15 m in affioramento; superiore nel sottosuolo. Età: Quaternario.

Sedimenti alluvionali terrazzati (bn1): Litologia: lembi di alluvioni terrazzate del ciclo alluvionale dell'Elsa costituiti da limi prevalenti con intercalati rari livelli di sabbia. Spessore: variabile; comunque nell'ordine di una decina di metri. Età: Olocene.

Sedimenti alluvionali (b, bf, be): Alluvioni attuali e recenti, non terrazzate, dell'Arno, dell'Elsa e degli affluenti minori in sinistra Arno. Formano la pianura che occupa gran parte della superficie del territorio comunale.

Come evidenziato dal rilevamento di campagna, dalle stratigrafie dei vari punti di controllo geognostico, la natura litologica della porzione superficiale è caratterizzata principalmente da una granulometria limoso-argillosa (bf) o limoso-sabbiosa (be), con eccezioni abbastanza rare e limitate alle zone di paleo alveo.

Anche in profondità le frazioni fini sono preponderanti rispetto agli orizzonti sabbiosi e ghiaiosi.

Spessore: variabile fino a 20-35 metri con un livello ciottoloso-ghiaioso basale, quasi sempre presente, di spessore massimo di 8-10 metri.

In particolare nella porzione in studio, posta in destra idrografica dell'Elsa affiorano alluvioni a componente prevalentemente limoso-argillosa (bf).

Detriti (dt) : Nei dintorni delle località Cerbaiola e Corniola le vallecole che solcano il terrazzo della formazione q hanno le pareti occupate dalle ghiaie originate dal disfacimento della suddetta formazione e coprono le argille o le sabbie plioceniche del substrato.

Dal punto di vista geomorfologico, trattandosi di un ambito di pianura, non si ha l'evidenza di forme derivanti da processi geomorfologici di tipo gravitativo né si osservano indizi di fenomeni precursori di fenomeni di dissesto.

2.4 – Litotecnica

Dal punto di vista litotecnico, la cartografia di Fig. 3 a corredo del PS comunale, distingue in primo luogo i terreni di collina da quelli di pianura:

a) I terreni di collina comprendono sia i terreni sedimentari marini della serie pliocenica (Pag, Ps, Pcg) che costituiscono l'ossatura dei rilievi collinari che i lembi di terreni sedimentari continentali antichi pedecollinari (Q - at). Sono caratterizzati in generale da alternanze di livelli scarsamente cementati con livelli fortemente cementati

b) I terreni di pianura comprendono i sedimenti sciolti con granulometria variabile da fine (argilla) a grossolana (ghiaia) della serie quaternaria attuale e recente. I litotipi incoerenti, sabbiosi e/o ghiaiosi, possono talora presentarsi pseudocoerenti in ragione di un relativo contenuto argilloso o limoso e/o di cementazioni secondarie.

Inoltre i terreni di pianura sono prevalentemente più sciolti. In linea di massima i terreni presenti nel sito in studio hanno una resistenza geotecnica discreta, caratterizzati da livelli limoso-argillosi che si presentano potenzialmente compressibili, anche se in misura diversa.

2.5 - Idrogeologia e vulnerabilità dell'acquifero

La differenziazione morfologica e geologica tra zona collinare e zona di pianura riflette anche una differenziazione nelle caratteristiche idrogeologiche dei due ambienti: il sistema acquifero di pianura e quello di collina.

In particolare il sistema acquifero di pianura ha sede nei terreni delle alluvioni attuali e recenti a granulometria grossolana e media (ghiaie e sabbie), affioranti in alcuni settori della pianura. Nella carta idrogeologica a corredo del PS di Empoli (Fig. 4) le classi di permeabilità individuate si riferiscono ai soli terreni affioranti. Le classi individuate sono:

- Permeabilità Bassa: In questa classe sono compresi i sedimenti alluvionali argillosi;
- Permeabilità Media: A questa classe sono associate i terreni sabbioso-limosi;
- Permeabilità Alta: In questa classe sono compresi i litotipi prevalentemente ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbioso-argillosa.

La presenza in superficie di terreni di una delle classi prima elencate, condiziona chiaramente l'infiltrazione dell'acqua meteorica nel sottosuolo che, con i corsi d'acqua principali, contribuisce ad alimentare gli acquiferi sotterranei.

Il sistema alluvionale della piana di Empoli è formato da due acquiferi principali:

- Acquifero A1 (superiore): si tratta di un livello sabbioso, localmente ciottoloso, lenticolare e di spessore variabile entro 15 metri dal piano campagna. E' generalmente freatico, ma localmente può assumere caratteristiche di confinamento. L'alimentazione è determinata oltre che dall'infiltrazione diretta della pioggia anche dalla ricarica da parte dei corsi d'acqua (Arno, Elsa, Orme e rii minori) e dagli apporti degli acquiferi di collina.
E' bene sviluppato nei tratti dell'antico corso dei fiumi, dove prevalgono i depositi più grossolani.

A questo acquifero attingono i numerosi pozzi agricoli ad anelli e a sterco della pianura ed i pozzi più superficiali delle centrali acquedottistiche di Corniola, Farfalla e Serravalle-Arnovecchio.

- Acquifero A2 (inferiore): E' l'acquifero principale del territorio comunale di Empoli, sia per continuità che per spessore. E' legato ad un livello ciottoloso-ghiaioso presente alla base del ciclo sedimentario alluvionale. Il tetto della falda si trova tra i 10 e i 20 metri dal p.c.; lo spessore è estremamente variabile fino ad un massimo di 10 metri. E' separato dall'acquifero A1 da un setto argilloso continuo che ne determina il confinamento. Localmente i due acquiferi vengono a contatto per vie laterali. L'alimentazione è assicurata dalla rete idrografica, dall'infiltrazione diretta di pioggia, dai livelli permeabili dei fianchi delle colline plioceniche quando sono in contatto con il materasso alluvionale. A questo acquifero attingono la maggior parte dei pozzi delle centrali acquedottistiche (uso potabile).

Si fa presente che, in occasione dell'esecuzione dell'indagine penetrometrica, non è stato possibile misurare la profondità del livello di falda a causa del crollo del perforo.

La cartografia a corredo dello strumento urbanistico comunale (Fig.4) non riporta l'andamento delle curve isopiezometriche ma si ritiene, in analogia con zone limitrofe, che sia il Fiume Elsa ad alimentare la falda superficiale e che la direzione di flusso della falda sia parallela al corso d'acqua, da SudEst a NordOvest.

La mappa della vulnerabilità degli acquiferi del PTC della Provincia di Firenze (1998) attribuisce alla formazione delle “alluvioni attuali e recenti” una classe di “vulnerabilità elevata”, “corrispondente ad un acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti), senza o con scarsa protezione, in cui la superficie della falda idrica è localmente al di sotto del livello di base dei fiumi vicini (rialimentazione indotta). L'unità comprende aree in cui è presente una falda idrica a modesta profondità, con un limitato spessore di terreno di copertura....”.

In merito alla vulnerabilità dell'acquifero, si fa presente che le operazioni di scavo (realizzazioni canali e locale centralina) verranno eseguite quasi completamente con l'ausilio di palancole infisse per almeno 10-12 metri dal piano campagna, con successivo abbassamento del livello di falda mediante well-point, tale sistema eviterà l'interferenza con il sistema dell'acquifero profondo.

Per ridurre al minimo eventuali rischi durante la fase di cantiere, sarà valutata una oculata organizzazione del cantiere stesso, che prevedrà le operazioni più a rischio in aree appositamente organizzate.

Le valutazioni più specifiche in merito saranno fatte in sede di progetto esecutivo.

2.6 - Idrografia

Dal punto di vista idrografico il Fiume Elsa è lungo 63 km. Nasce dalla Montagnola senese nel comune di Sovicille (a ovest di Siena), da alcune sorgenti nei pressi della pieve di Molli. Percorre l'omonima Valdelsa da sud a nord e, dopo aver bagnato i centri abitati di Colle di Val d'Elsa, Poggibonsi, Certaldo e Castelfiorentino, si getta nell'Arno al confine tra la provincia di Firenze e quella di Pisa tra le località di Marcignana, nel comune di (Empoli), e Isola (San Miniato). Il fiume è caratterizzato da una accentuata salinità che gli deriva dalla presenza di solfato e di calcio dovuti ai minerali gessosi e calcarei presenti lungo il suo corso.

Il primo tratto, alimentato quasi esclusivamente dalle acque piovane, scorre attraverso il Piano della Speranza ed il Pian dell'Olmino, nei comuni di Casole d'Elsa e di Colle Val d'Elsa e viene comunemente chiamato Elsa morta. Riceve quindi le acque che provengono dal Botro degli Strulli, che scende da Mensanello, e di quelle che provengono dalle Caldane. Le Caldane, situate poco prima di Gracciano, sono sorgenti di acqua tiepida, conosciute fino dall'antichità per le loro proprietà terapeutiche.

A Oinci, nei pressi di Gracciano, l'Elsa diventa finalmente Viva per l'afflusso delle acque provenienti dalle Vene che fornivano forza motrice a mulini e cartiere.

Il fiume oltrepassa quindi Colle Val d'Elsa. Nei pressi di Poggibonsi, riceve le acque dello Staggia, del Foci e del Drove. Oltrepassa quindi la pescaia di Ugnano e giunge velocemente nei comuni di Barberino Val d'Elsa e di Certaldo, ricevendo gli affluenti Avane, Zambra, Casciani e Agliena. L'Elsa prosegue quindi la sua corsa ricevendo l'apporto del Pesciola, del Rio Petroso e del Rio del Vallone, fino a giungere a Castelfiorentino e accogliere le acque del Lama. L'Elsa arriva quindi alla pescaia della Dogana, un tempo al confine tra Firenze e San Miniato, ed ai Renai, dove un tempo si estraeva la rena la sabbia e la ghiaia e meta di bagni estivi. Il fiume prosegue quindi il suo corso costeggiando la ferrovia e, dopo Cambiano, arriva a Granaiole. Dopo Brusciiana si arriva a Ponte a Elsa, frazione al confine dei comuni di Empoli e San Miniato e quindi, nei pressi di Marcignana, le acque dell'Elsa trovano il loro sbocco in quelle notevolmente più copiose dell'Arno.

2.8 – Ambiti fluviali e Vincoli

Ai sensi della DCR n.12 del 2000 e della più recente DCR n.74 del 2007 (P.I.T.), il Fiume Elsa risulta classificato, nell'Allegato n. 4 e Allegato A, Elaborato 2 del P.I.T. vigente, con il codice FI 718.

Nel dettaglio, ai sensi del PIT 2005-2010, approvato con Delibera n.72 del 2007, il Fiume Elsa ricade tra i "corsi d'acqua rilevanti", ad oggi ridefinito "Ambito "A" – delimitazione dei corsi d'acqua di cui all'elenco del D.C.R.T. n.72 del 24 Luglio 2007 (Allegato n. 4 del QC del PIT 2005-2010), corrispondente alle fasce di 10 metri di larghezza dal corso d'acqua (art.36 comma 3.).

"nelle fasce di 10 metri di larghezza non si devono prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce della larghezza di m.10 dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico individuati nel Quadro conoscitivo del presente piano come aggiornato dai piani di bacino vigenti e fermo restando il rispetto delle disposizioni in essi contenute". La prescrizione di cui al comma 3 non si riferisce alle opere idrauliche, alle opere di attraversamento del corso d'acqua, agli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, nonché agli adeguamenti di infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d'acqua, a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico relativamente alla natura dell'intervento ed al contesto territoriale e si consenta comunque il miglioramento dell'accessibilità al corso d'acqua stesso.

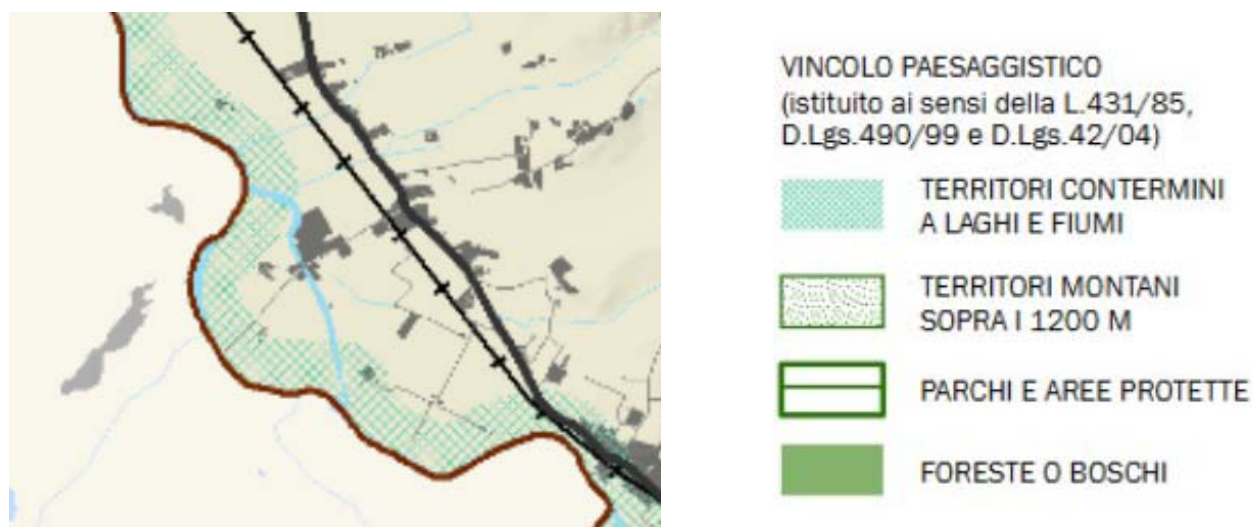
5. Sono fatte salve dalla prescrizione di cui al comma 3 le opere infrastrutturali che non prevedano l'attraversamento del corso d'acqua e che soddisfino le seguenti condizioni:

- a) non siano diversamente localizzabili;
- b) non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, di ampliamento e di manutenzione del corso d'acqua;
- c) non costituiscano ostacolo al deflusso delle acque in caso di esondazione per tempi di ritorno duecentennali;
- d) non siano in contrasto con le disposizioni di cui all'articolo 96 del regio decreto 523/1904."

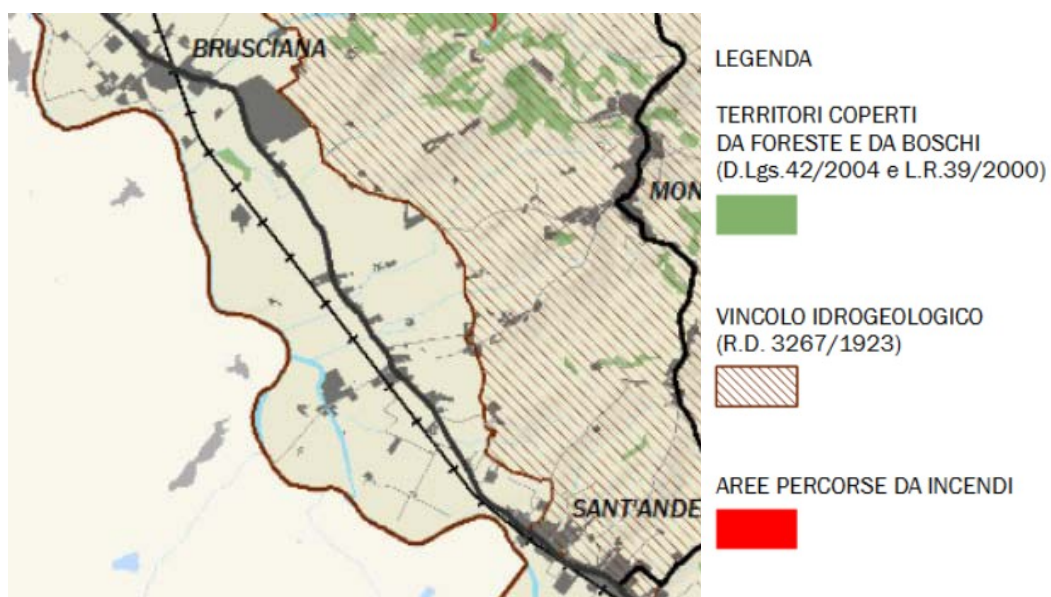
Si ricorda inoltre che il P.I.T. (D.C.R.T. n.72 del 24 Luglio 2007) ha tolto gli "ambiti B" dei corsi d'acqua (DCRT 12/2000).

La successiva approvazione del PIT con delibera di Consiglio Regionale n.37 del 27 marzo 2015 riguarda invece "l'integrazione del PIT con valenza di piano paesaggistico"; a tale proposito l'intervento ricade nel Vincolo Paesaggistico (Elaborato 8B, art. 142 del Codice dei beni Paesaggistici e Allegato E).

Dalla consultazione delle cartografie a corredo del Regolamento Urbanistico di Empoli, la zona in oggetto è esterna al perimetro delle aree soggette a "vincolo idrogeologico" ai sensi del R.D.n. 3267/1923 e L.R.n.39/2000 e s.m.i., ricade però tra quelle caratterizzate da "vegetazione riparia" ai sensi del Dl. Lgs 42/2004 parte III (Fig.7), come confermato dal PTC di Firenze (vedi stralcio sottostante).



PTC Firenze "Carta dei beni paesaggistici"



PTC Firenze "Carta dei vincolo idrogeologico e terreni boscati"

2.9 – Punti di captazione idrica idropotabile

Entro i 200 metri di raggio attorno alla zona di indagine, sulla base delle cartografie a corredo degli strumenti urbanistici vigenti e dei dati della Provincia di Firenze (PTC Firenze), non sono presenti punti di captazione (pozzi e/o sorgenti) della risorsa idrica ad uso idropotabile e/o acquedottistico.

2.10 – Carta delle aree allagate e allagabili

Secondo quanto riportato nella “Carta delle aree allagate” (Fig.11), redatta sulla base di eventi storici sempre a corredo del RU comunale (Studio idrologico-idraulico), il sito è stato interessato da una rottura arginale durante l’alluvione del 1966.

La “Carta delle aree allagabili” (Fig.12), realizzata sulla base di specifici studi idraulici (condotti dal Genio Civile Area Vasta Firenze, Prato, Pistoia, Arezzo a corredo del RU di Empoli), ha evidenziato per il sito in oggetto (ambito d’alveo del F. Elsa), la presenza di “allagamenti per eventi con tempo di ritorno ≤ 30 anni”, da cui è derivata la relativa classe di pericolosità idraulica molto elevata, per la quale si rimanda la paragrafo § 4.2.

3. – PERICOLOSITA' DELL'AREA SECONDO LO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE

Si fa presente che le "Indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante Generale al Piano Strutturale del Comune di Empoli sono state approvate con DCC n. n. 72 del 04/11/2013, in ottemperanza alla L.R. n.1/2005 ed al DPGR n.53/R del 2011 ("Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 "Norme per il governo del territorio in materia di indagini geologiche").

3.1. – Pericolosità Geomorfologica

La carta di Pericolosità Geomorfologica a corredo della variante Generale al PS di Empoli è riportata in Fig. 9. La corrispettiva classe di pericolosità è la:

Pericolosità Geomorfologica Media (G.2): *"In questa classe ricadono le aree con caratteristiche litologiche-geotecniche, giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al verificarsi di processi morfologici. I criteri orientativi per l'attribuzione a questa classe sono i seguenti:*

Alluvioni attuali e recenti: argille mediamente compatte normal consolidate, limi più o meno addensati e sabbie fini sciolte.

Terreni caratterizzati generalmente dalla presenza di strati con R_p compresa tra 10 e 20 kg/cm² e da intervalli limitati con $R_p > 20$ kg/cm². Queste caratteristiche possono peggiorare o migliorare in funzione dell'incidenza dei livelli con R_p intorno a 10 kg/cm² su quelli con R_p intorno a 20 kg/cm². La resistenza a rottura è variabile da media a bassa mentre la compressibilità è variabile da media ad elevata. Caratteristiche geotecniche SCADENTI".

Secondo i criteri generali relativi alla Fattibilità Geologica (per G.2), è necessario il rispetto delle seguenti condizioni:

"Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geomorfologica media le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera.

Relativamente alle procedure e alla tipologia di indagini da eseguirsi si rimanda a quanto prescritto dal D.M. 11/03/1988, dalle N.T.C. 2008 e dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale 9 luglio 2009, n. 36/R - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio)-Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico, riportata agli Artt. 4.4-4.5 e 4.6."

In merito a questo sono già state eseguite le indagini geognostiche ai sensi delle NTA 2008 e del Reg.36/R del 2009, per i cui dettagli si rimanda al paragrafo § 5.0.

3.2. – Pericolosità Idraulica

La carta di Pericolosità Idraulica a corredo dello strumento urbanistico vigente (Variante al PS Empoli), è evidenziata nelle Fig. 10. Tale cartografia deriva dallo Studio idrologico-idraulico a supporto del RU Empoli (Giugno 2013). Lo studio è stato redatto dai tecnici dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo, la cui collaborazione con il Comune di Empoli è stata disciplinata tramite apposita Convenzione.

In breve le verifiche idrauliche mostrano l'assenza di pericolosità derivante dalle piene del Fiume Elsa nel territorio di Empoli, fatta eccezione per un'area in loc. Fontanelle dove i livelli duecentennali superano l'argine in un punto in cui questo presenta una discontinuità per la presenza di una cataratta.

La corrispettiva classe di pericolosità per il sito in oggetto, è la:

Pericolosità Idraulica Molto Elevata (classe I.4):

“Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni (Aree P.I.4 PAI). Fuori dalle unità territoriali organiche elementari potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni”:

Secondo i criteri generali relativi alla Fattibilità Idraulica (per I.4), è necessario il rispetto delle “seguenti condizioni:

1. sono da consentire nuove edificazioni o nuove infrastrutture per le quali sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi strutturali per la riduzione del rischio sui corsi d'acqua o sulle cause dell'insufficiente drenaggio finalizzati alla messa in sicurezza idraulica per eventi con tempi di ritorno di 200 anni sulla base di studi idrologici ed idraulici, previo parere favorevole dell'autorità idraulica competente e dell'Autorità di Bacino sulla coerenza degli interventi di messa in sicurezza anche per ciò che concerne le aree adiacenti;
2. è comunque da consentire la realizzazione di brevi tratti viari di collegamento tra viabilità esistenti, con sviluppo comunque non superiore a 200 ml, assicurandone comunque la trasparenza idraulica ed il non aumento del rischio nelle aree contermini;
3. gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;
4. relativamente agli interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia, di ristrutturazione urbanistica e/o di addizione volumetrica che siano previsti all'interno delle aree edificate, la messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni può essere conseguita anche tramite adeguati sistemi di autosicurezza (porte o finestre a tenuta stagna, parti a comune, locali accessori e/o vani tecnici isolati idraulicamente, ecc), nel rispetto delle seguenti condizioni:
 - sia dimostrata l'assenza o l'eliminazione di pericolo per le persone e i beni, fatto salvo quanto specificato al comma 11;
 - sia dimostrato che gli interventi non determinano aumento delle pericolosità in altre aree;
5. della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel titolo abilitativo all'attività edilizia;
6. fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche, accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere certificata l'abitabilità o l'agibilità;
7. fuori dalle aree edificate sono da consentire gli aumenti di superficie coperta inferiori a 50 metri quadri per edificio, previa messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni conseguita tramite sistemi di auto sicurezza;
8. deve essere garantita la gestione del patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e di tutte le funzioni connesse, tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a tempi di ritorno di 200 anni;
9. devono essere comunque vietati i tombamenti dei corsi d'acqua, fatta esclusione per la realizzazione di attraversamenti per ragioni di tutela igienico-sanitaria e comunque a seguito di parere favorevole dell'autorità idraulica competente;
10. interventi di sistemazione idraulica approvati dall'autorità idraulica competente, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità degli interventi stessi con il PAI;
11. sono da consentire i parcheggi a raso, ivi compresi quelli collocati nelle aree di pertinenza degli edifici privati, purché sia assicurata la contestuale messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 30 anni, assicurando comunque che non si determini aumento della pericolosità in altre

aree. Fanno eccezione i parcheggi a raso con dimensioni superiori a 500 metri quadri e/o i parcheggi a raso in fregio ai corsi d'acqua, per i quali è necessaria la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;

12. possono essere previsti ulteriori interventi, diversi da quelli indicati ai commi 1÷9 di cui al presente paragrafo, per i quali sia dimostrato che la loro natura è tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purché siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurre la vulnerabilità.
13. adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto in materia igienico - sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche nonché gli interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi bellici e sismici

Richiamando quanto indicato nel D. Lgs. n. 387 del 29 Dicembre 2003 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" (pubblicato nella G.U. n° 25 del 31/01/2004 - suppl. ord. n° 17; testo coordinato sulla base delle modifiche e/o integrazioni apportate dal D.Lgs. 03/04/2006, n° 152 - G.U. n° 88 del 14/04/2006 - suppl. ord. n° 96-, dalla Legge 24/12/2007, n° 244 -G.U. n° 300 del 28/12/2007 - suppl. ord. n° 385, e dalla Legge 23/07/2009, n° 99 - G.U. n° 176 del 31/07/2009 - suppl. ord. n° 136), il tipo di intervento in progetto è inquadrabile come "di pubblica utilità ed indifferibile ed urgente", ai sensi dell'art.12 comma 1). Inoltre, ai sensi dell'art.12 comma 3) dello stesso D.Lgs. n.387/2003, tali tipi di "opere sono soggette ad autorizzazione unica,che costituisce, ove occorra, variante allo strumento urbanistico":

Inoltre in merito agli interventi ricadenti in "pericolosità idraulica molto elevata", si rimanda alla L.R. n.21 del 21 Maggio 2012 "Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua", chiarite al paragrafo § 4.3.

3.3. – Pericolosità Sismica

Visto che lo studio di microzonazione sismica a corredo della Variante Generale al PS comunale è stato concentrato solo sui centri urbani, la zona in oggetto non è stata interessata dal presente studio e di conseguenza non è stata valutata una Pericolosità Sismica.

4. – VINCOLI SOVRAORDINATI

4.1. – Pericolosità Geomorfologica (Autorità di Bacino Fiume Arno)

La "perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi" (stralcio n.080) del Piano stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 6 Maggio 2005, non evidenzia per la zona in oggetto nessuna classe di pericolosità geomorfologica (Fig.15).

4.2. – Pericolosità Idraulica (Autorità di Bacino Fiume Arno)

Si fa riferimento, per completezza, alla cartografia allegata al PAI (rischio idraulico) anche se ad oggi sia le cartografie che le norme di piano sono state abrogate e sostituite da quelle relative al Piano Gestione Rischio Alluvioni, di cui si parlerà più dettagliatamente al paragrafo 4.3.

La "perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - livello di dettaglio" (stralcio n.431 modificato con Dec. S.G. n.95/129, Dec. n. 41/13) del Piano stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Fiume Arno,

approvato con D.P.C.M. 6 Maggio 2005, evidenza per la zona in oggetto, la seguente classe di pericolosità (Fig. 14):

Pericolosità idraulica Molto Elevata (P.I.4)

Nello specifico l'area oggetto d'intervento, con riferimento allo stralcio cartografico in scala 1:10.000 ricade entro un'area "inondabile da eventi con tempo di ritorno $TR \leq 30$ anni e con battente $h \geq 30$ cm".

Nelle aree P.I.4, per le finalità di cui al presente PAI, sono consentiti, ai sensi dell'art.6 comma d).

"... nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali e non delocalizzabili, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale, non concorrano ad incrementare il carico urbanistico, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e risultino coerenti con gli interventi di protezione civile. Per tali interventi è necessario acquisire il preventivo parere favorevole dell'Autorità di Bacino";

Piano Stralcio "Rischio Idraulico"

La zona in oggetto (Fig.16) risulta cartografata nella "carta guida delle aree allagate" redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999) a corredo del Piano di Bacino Stralcio "Rischio Idraulico":

In applicazione della Norma 6 *"in tali aree, le opere che comportano trasformazioni edilizie ed urbanistiche potranno essere realizzate a condizione che venga documentato dal Proponente e accertato dall'Autorità Amministrativa competente al rilascio dell'autorizzazione, il non incremento di rischio idraulico da esse determinabile o che siano individuati gli interventi necessari alla mitigazione di tale rischio da realizzarsi contestualmente alla esecuzione delle opere richieste"*.

4.3. – Piano Gestione Rischio Alluvioni (Autorità di Bacino Fiume Arno)

Si fa presente che, con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016, il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale è stato definitivamente approvato. La disciplina di PGRA va quindi a subentrare alle disposizioni previste dalle norme di PAI con particolare riguardo ai disposti del "Capo I – Pericolosità Idraulica".

La cartografia relativa al PGRA relativa al Bacino Arno (v. Fig.17), derivante dalla Direttiva Alluvioni (2007/60/CE), evidenza per la zona in oggetto una zona in Pericolosità 3: corrispondente a "pericolosità da alluvione elevata (P3), secondo l'art.7 delle Norme di Piano:

- 1) "Nelle aree P3, per le finalità di cui all'art.1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi 2 e 3.

Fermo restando che le norme di piano del PGRA hanno valore di indirizzo più che prescrittivo in senso stretto, si riposta quanto riportato all'art. 1 comma 4):

4) *"in coerenza con le finalità generali della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo n. 49/2010, il PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone persegue i seguenti obiettivi generali che sono stati definiti alla scala del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale:*

- 1. Obiettivi per la salute umana:

a) *riduzione del rischio per la vita delle persone e la salute umana;*

b) *mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza e l'operatività delle strutture strategiche.*

- 2. Obiettivi per l'ambiente:

a) *riduzione del rischio per le aree protette derivante dagli effetti negativi dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;*

b) mitigazione degli effetti negativi per lo stato ambientale dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE.

-3. Obiettivi per il patrimonio culturale:

a) Riduzione del rischio per il patrimonio culturale, costituito dai beni culturali, storici ed architettonici esistenti;

b) mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio.

-4 Obiettivi per le attività economiche:

a) mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria;

b) mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo pubblico e privato;

c) mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;

d) mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche”.

In merito alla “gestione del rischio”, come già detto al paragrafo §3.2, si ricorda che gli interventi in progetto sono previsti tutti fuori dall'alveo; inoltre la loro realizzazione non comporterà variazioni della sezione idraulica ovvero non comporterà incrementi di rischio idraulico rispetto all'attuale poiché le opere (gruppo turbine e canale) saranno completamente interrato, con chiusura stagna in modo da consentire il funzionamento dell'impianto in sicurezza; la cabina elettrica esterna sarà ubicata fuori dalla portata duecentennale.

A tale riguardo, di si rimanda alla Relazione Idraulica a firma dell'ing. R. Simoni (elaborata in fase di verifica di Assoggettabilità alla VIA), finalizzata alla verifica della compatibilità idraulica del progetto con le portate di piena dell'Elsa e a soddisfare le prescrizioni di cui sopra.

4.4. – Valutazioni in merito alla LR 21/2012

In merito alla LR 21 maggio 2012, n. 21 “Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua”, l'art.1 relativo alla “tutela dei corsi d'acqua” riporta quanto segue:

1. “Non sono consentite nuove edificazioni, la realizzazione di manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua di cui al quadro conoscitivo del piano di indirizzo territoriale previsto dall'articolo 48 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio), come aggiornato dai piani di assetto idrogeologico (PAI)”.

5. Ferma restando l'autorizzazione da parte dell'autorità idraulica competente, il divieto di cui al comma 1 non si applica altresì:

a) alle opere finalizzate alla tutela del corso d'acqua e dei corpi idrici sottesi;

b) alle opere connesse alle concessioni rilasciate ai sensi del regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 (Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici);

c) agli interventi volti a garantire la fruibilità pubblica all'interno delle fasce di cui al comma 1, purché non compromettano l'efficacia e l'efficienza dell'opera idraulica e non alterino il buon regime delle acque;

d) alle opere di adduzione e restituzione idrica;

e) ai manufatti e alla manutenzione straordinaria delle costruzioni esistenti già in regola con le disposizioni vigenti”.

Mentre nella aree a Pericolosità Idraulica Molto Elevata – PIME - (art.2)

Comma 1 – “Nelle aree classificate dai piani strutturali, dai piani regolatori generali (PRG) o dai PAI, come aree a pericolosità idraulica molto elevata, è consentita la realizzazione dei seguenti interventi:

“comma 2), “nelle aree di cui al comma 1, è consentita, altresì, la realizzazione degli interventi di seguito indicati, a condizione che siano preventivamente realizzate, ove necessarie, le opere per la loro messa in sicurezza per tempo di ritorno duecentennale, comprensive degli interventi necessari per non aggravare la pericolosità idraulica al contorno:

....b) nuovi impianti e relative opere per la raccolta e la distribuzione della risorsa idrica, il convogliamento e la depurazione degli scarichi idrici, lo stoccaggio, il trattamento, lo smaltimento ed il recupero dei rifiuti, la produzione ed il trasporto di energia da fonti rinnovabili o, comunque, al servizio di aziende e insediamenti produttivi previsti dagli strumenti e atti di pianificazione e programmazione regionali, provinciali e comunali vigenti al momento di entrata in vigore della presente legge, non diversamente localizzabili, oppure ampliamento o adeguamento di quelli esistenti; ...”.

Si ricorda che gli interventi in progetto sono previsti tutti fuori dall'alveo; inoltre la loro realizzazione non comporterà variazioni della sezione idraulica ovvero non comporterà incrementi di rischio idraulico rispetto all'attuale poiché le opere (gruppo turbine e canale) saranno completamente interrato, con chiusura stagna in modo da consentire il funzionamento dell'impianto in sicurezza; la cabina elettrica esterna sarà ubicata fuori dalla portata duecentennale.

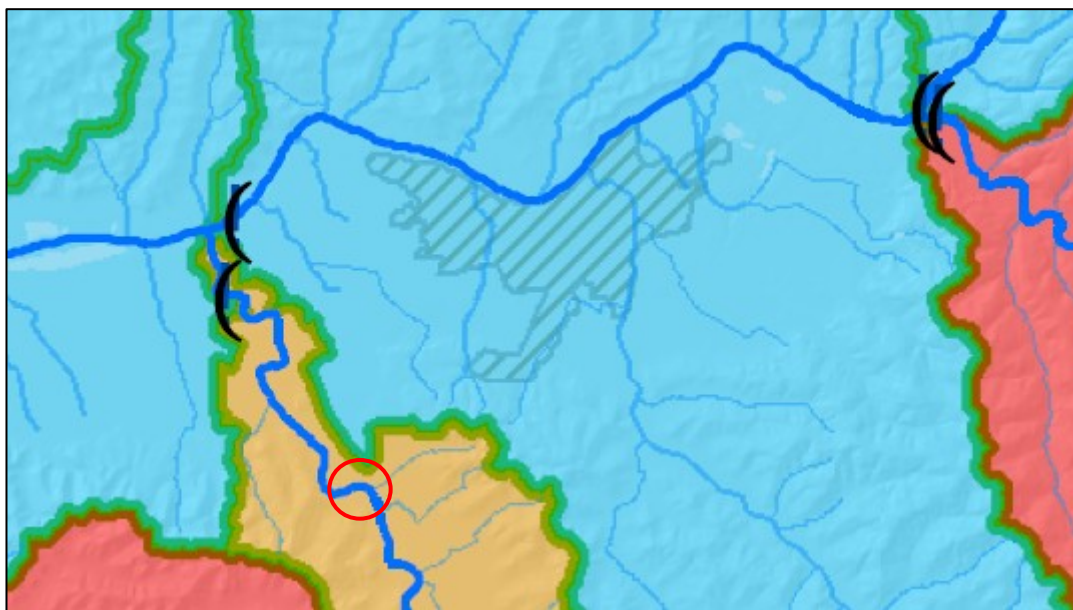
A tale riguardo, di si rimanda alla Relazione Idraulica a firma dell'ing. R. Simoni (elaborata in fase di verifica di Assoggettabilità alla VIA), finalizzata alla verifica della compatibilità idraulica del progetto con le portate di piena dell'Elsa e a soddisfare le prescrizioni di cui sopra.

4.5 - Bilancio Idrico

In merito al Piano di Bacino Stralcio “Bilancio Idrico” del Fiume Arno, per quanto riguarda le acque superficiali (Tav. F), l'interbacino sotteso alla sezione corrispondente alla zona di ubicazione della centralina in progetto, posto lungo il Fiume Elsa nel territorio comunale di Castelfiorentino, risulta “a deficit medio (C2)” in cui la portata alla sezione di chiusura è inferiore al DMV per un periodo compreso tra 30 e 0 giorni”; normato dalle disposizioni di cui agli artt. 23 e 25 delle “Misure di Piano” (Febbraio 2010).

Art.23 comma 1) .L'obiettivo strategico dovrà essere raggiunto entro il 31 dicembre 2015.

Comma 2) Le Autorità competenti, avvalendosi dei dati di bilancio riportati nelle Schede di sintesi, pianificano la gestione della risorsa idrica secondo le priorità di legge ai fini del raggiungimento degli obiettivi.



*Stralcio di “carta di criticità per deficit idrico nel reticolo superficiale” (Tav. F),
Piano stralcio “Bilancio Idrico” A.b.A.*

Bilancio Idrico

(Sezioni significative

- C4** Interbacini a deficit idrico molto elevato
- C3** Interbacini a deficit idrico elevato
- C2** Interbacini a deficit idrico medio
- C1** Interbacini a deficit idrico nullo
- Interbacini a deficit idrico nullo con a valle livello di criticità superiore
- Interbacini sottesi a sezioni significative per le quali non è stata determinata la portata di Q7,2

riportati i “Criteri integrativi per il rilascio di pareri sui prelievi da acque superficiali”, si riporta quanto segue:

“Tali criteri, applicati nei casi di seguito elencati, sono riferiti alla scala di dettaglio e tengono conto degli effetti del prelievo sul reticolo alla scala locale, della modalità di derivazione/restituzione, dell'efficienza dissipativa, del programma di utilizzo:

- 1) Derivazioni non dissipative con restituzione in prossimità del punto di prelievo e nello stesso corpo idrico - il prelievo è sempre ammesso. Potrà essere proposta l'adozione o meno di dispositivi di mitigazione dell'impatto sul corpo idrico per opere di presa fisse in alveo.

5. – INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA DI MASSIMA

5.1 – Indagini di riferimento

5.1.1 – Indagini a corredo del PS comunale

In merito alle indagini geognostiche a corredo del PS comunale prendiamo in riferimento alcune di esse al fine di cercare di estrapolare una caratterizzazione stratigrafica dei siti in oggetto del presente studio, nell'attesa di indagini in situ nella fase definitiva del progetto.

Le stratigrafie dei sondaggi indicate in Figg.5-6 come n. P945-946-947-P948 e del pozzo P284 (indicato in Allegato come Pozzo n.33), ubicate nei dintorni del sito in oggetto (Allegato 2), ricalcano abbastanza i dati ricavati dalle indagini in situ, di cui al paragrafo successivo.

P945-946-947-P948 (sondaggi)

Da (m)	A (m)	Litologia
0.0	3.0÷5.0	Limi sabbiosi
3.0÷5.0	6.0÷6.8	Sabbia
6.0÷6.8	8.7÷9.0	Livello argilloso
6.0÷6.8	23.5	Sabbia e limo sabbioso
23.5	25.0	Argilla
25.0	26.5	Sabbia
26.5	30.0	Argilla

La stratigrafia derivante dal pozzo n.33 (P284), mostra quanto segue (Allegato 2):

da 0.0 a 4.0	argilla gialla
da 4.0 a 5.0	sabbia gialla
da 5.0 a 7.0	argilla tenera
da 7.0 a 11.0	argilla compatta
da 11.0 a 13.0	limo
da 13.0 a 25.0	argilla celeste
da 25.0 a 27.0	limo
da 25.0 a 29.0	sabbia
da 29.0 a 30.0	ghiaia
da 30.0 in poi	argilla celeste

Le altre tipologie di indagine, rappresentate da prove penetrometriche dinamiche e statiche sono meno rappresentative in quanto indagano il terreno a profondità limitate dal piano campagna.

5.2 – Indagini in situ

Ai sensi del D.P.G.R. n. 36/R del 2009, Regolamento di attuazione dell'art.117 della L.R. 1/2005, "Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico", si fa presente che l'intervento in progetto ricade in "classe di indagine 2" ai sensi dell'art.7 del Reg. 36/R.

A tale proposito, per la ricostruzione del modello geologico dei terreni oggetto di studio sono state eseguite, nel mese di Maggio 2014, le seguenti indagini geognostiche in situ (Fig.8):

- n.1 prova penetrometrica, eseguite mediante penetrometro statico/dinamico modello Pagani TG-63/200 da 20 tonn di spinta, eseguita con modalità statica; tali indagini, volte a verificare puntualmente i parametri geotecnici dei terreni presenti (All.1), hanno raggiunto la massima profondità di 11.6 metri dal p.c., senza il raggiungimento del rifiuto strumentale.
- n.1 indagine sismica condotta con metodologia Masw; tale metodologia permette di ricavare le velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio S (onde di corpo) nel sottosuolo sfruttando le onde di superficie e, più precisamente, le onde di Rayleigh, che si generano nella trasmissione di un impulso compressivo come componente principale dello stesso. Nel caso specifico sono stati usati n.24 geofoni per una lunghezza complessiva di circa 46.0 metri. In seguito all'acquisizione dei dati è stato possibile analizzare i dati sismici acquisiti in campagna in modo da ricavare la velocità delle onde di taglio Vs30 e la corrispondente categoria di suolo (DM2008);
- n.1 misura di microtremore H/V (HVSr), eseguita in situ, utili a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità (All.1).

5.2.1 – Penetrometrie statiche CPT

La prova penetrometrica statica in situ ubicata come indicato in Fig.8 è stata spinta fino alla profondità di 111.60 metri dal p.c., senza il raggiungimento del rifiuto strumentale (Allegato 1):.

La prova di tipo statico (CPT) consente di rilevare, mediante una centralina elettronica, i valori della Resistenza di punta (Rp) e della Resistenza laterale locale (Rl). Dal valore dei parametri Rp e Rl è possibile ricavare il "Rapporto Begemann" (Rp/Rl), con il quale è possibile risalire alla granulometria dei terreni attraversati e ai principali parametri geomeccanici del terreno; in particolare il valore dell'angolo di attrito (ϕ), per gli orizzonti prevalentemente incoerenti (limi, sabbie e ghiaie), quello della coesione non drenata (Cu), per gli orizzonti prevalentemente coerenti (torbe, argille) e il coefficiente di compressibilità volumetrica (mv), inverso del modulo edometrico (Mo), che consente la valutazione dei cedimenti indotti dalla presenza di sovraccarichi.

5.2.2 – Indagine sismica Masw

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Nel caso di stendimento lineare di geofoni per la registrazione delle onde superficiali generate in un punto della superficie, si parla di metodo attivo. Tale indagine è finalizzata alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo nell'intervallo di profondità 0-30 metri (Vs30), al fine di determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Sulla base dell'elaborazione dell'indagine sono emersi i seguenti sismo strati e relativi parametri geotecnici (Fig.8, Allegato 1):

Thickness (m)	2.9	6.7	7	4.1	9.3
Vs (m/s)	163	174	171	250	304
Density (gr/cm ³) (approximate values)	2.08	1.99	1.92	2.00	2.08
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values)	55	60	56	125	192
Poisson Approximate values for Vp and Poisson	0.49	0.47	0.45	0.46	0.46

5.2.3. – Misura di microtremore H/V

La misura di microtremore (HVS_{R1}) è stata ubicata circa sulla mezzeria della stesa Masw, come indicato in Fig. 8 (Allegato 1).

Come già accennato, il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Tale informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto “rumore casuale” o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Attraverso la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVS_R si è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per i dati tecnici e strumentali relativi allo svolgimento della misura di microtremore si rimanda al relativo allegato (Al.1).

In relazione alle caratteristiche geologiche del sito ed in funzione del modello geologico e litotecnico ricostruito, è logico attendersi che i terreni presentino un contrasto di impedenza abbastanza significativo, ottenendo un diagramma H/V con un certo picco, quale:

- La misura HVS_{R1}, ha un picco HVS_R di 3.2 a 1.0 Hz

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

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

L'inversione congiunta dei due dati è stata quindi svolta considerando la dispersione delle onde di superficie e la curva HVS_R (v. Allegato 1).

In tal senso, dall'analisi congiunta dell'indagine sismica Masw effettuata, volta alla conoscenza delle Vs, con quella del microtremore H/V, è emersa la presenza di un picco di risonanza H/V con valore maggiore di 2 (H/V > 2), ovvero di interesse ingegneristico (v. Allegato 1).

La curva HVS_{R1} mostra un aumento progressivo di velocità, con un contrasto più evidente presente intorno oltre i 60 metri dal p.c., probabilmente attribuibile al passaggio tra litotipi sabbioso-limosi meno addensati a più addensati e/o con ciottolotti (ghiaie e sabbie?).

6. – STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

6.1 – Stratigrafia della sponda destra del F. Elsa (Comune di Empoli)

La ricostruzione stratigrafica locale, effettuata sulla base dell'insieme delle indagini geognostiche effettuate in situ (CPT1, Masw e HVSR) e di quelle di riferimento (All.2) è la seguente:

Sito locale turbina-canale di presa e restituzione-cabina Enel (Fig.8)

Sulla base delle indagini eseguite sul sito in oggetto (sommità argine destro, All.1) e quelle di riferimento (All.2), ubicate in un intorno dello stesso (Fig.8), si ritiene di poter estrapolare una stratigrafia caratterizzata dai seguenti orizzonti litostratigrafici e relativi parametri geotecnici:

orizz. A	da m 0.0	a m. 4.6	Terreno vegetale superficiale/Limi sabbiosi debolmente argillosi, mediamente addensati; ($R_p=42$ * $\phi=30.0^\circ$ * $\gamma=1.85$ t/mc * $mv=0.012$ cmq/kg * $Dr=40-50$ %)
orizz. B	4.6	6.8	Limi argillosi sciolti e poco consistenti; ($R_p=8$ * $C_u=0.30$ kg/cmq * $\phi=25.0^\circ$ * $\gamma=1.75$ t/mc * $mv=0.037$ cmq/kg)
orizz. C	6.8	11.6	Argille limose moderatamente consistenti; ($R_p=15$ * $C_u=0.55$ kg/cmq * $\gamma=1.80$ t/mc * $mv=0.025$ cmq/kg)

dove

ϕ è il valore medio dell'angolo d'attrito interno ($^\circ$);

C_u è il valore medio della coesione non drenata (Kg/cm²);

mv è il valore medio del coefficiente di compressibilità (cm²/Kg) calcolato con la formula di "Shultze & Menzenbach";

γ è il valore del peso di volume del terreno (t/m³).

Dr è il valore della densità relativa (%).

R_p = valore della resistenza alla punta (Kg/cm²);

La presente sequenza stratigrafica è utilizzabile per la ricostruzione litostratigrafica sia della centralina di progetto (canale di presa, locale turbina e canale di restituzione) che della cabina Enel, da realizzare a circa 300 metri dalla centralina, come indicato nella prima foto aerea allagata.

Si ricorda che, per crollo del perforo durante l'operazione di estrazione delle aste, non è stato possibile misurare il livello di falda.

6.2 – Valutazione dei parametri caratteristici

Ai sensi del D.M.14.01.2008, “per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato”.

Nel caso dei parametri relativi all’angolo di resistenza al taglio (ϕ), “coesione non drenata (C_u)”, “modulo di compressione volumetrica (m_v)” ed al “peso di volume”, per tutti gli orizzonti litostratigrafici rilevati, è stato preso in considerazione il valore medio, che si ritiene possa rientrare nel concetto di “stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato”, espressa nel D.M.14.01.2008 e dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riporta la sintesi delle caratteristiche (parametri geotecnici caratteristici X_k) delle unità litotecniche precedentemente indicate sulla base della sequenza indicata nelle sezioni di Fig.8:

Sito locale turbina-canale di presa e restituzione-cabina Enel (Fig.8)

Orizzonti litotecnici		Parametri geotecnici caratteristici (X_k)			
		ϕ k(°)	C_u k(Kg/cm ²)	γ k(t/m ³)	m_v k(cm ² /Kg)
Lit_A 0.0÷4.6 m	"Terreno vegetale superficiale/Limi sabbiosi debolmente argillosi, mediamente addensati"	30	-	1.85	0.0012
Lit_B 4.6÷ 6.8	" Limi argillosi sciolti e poco consistenti"	25	0.3	1.75	0.037
Lit_C 6.8 in poi	" Argille limose moderatamente consistenti"	-	0.55	1.80	0.025

dove:

- ϕk valore caratteristico dell'angolo di attrito interno (°);
- $C_u k$ valore caratteristico della coesione non drenata (Kg/cm²);
- γk valore caratteristico del peso in volume del terreno (t/m³);
- $m_v k$ valore caratteristico del coefficiente di compressibilità volumetrica (cm²/Kg).

7. - VALUTAZIONI DI CARATTERE SISMICO

7.1 - Quadro normativo in materia antisismica della Regione Toscana

In breve si riporta il quadro normativo nazionale e regionale in materia antisismica.

Normativa nazionale

- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 “

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”. (G.U. n. 105 del 08.05.2003, Supplemento Ordinario n. 72)

Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. È in questa Ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base ai parametri Vs30, Nspt, cu.

- Decreto n. 3685 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 21 ottobre 2003
Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/04/2003 - Individuazione delle tipologie degli edifici d'interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale, di competenza statale, attuazione dell'articolo 2 dell'Ordinanza (G.U. n. 222 del 23.09.05, S.O. n. 159).
- OPCM n. 3431 del 03 maggio 2005
Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM 3274/2003 (G.U. n. 107 del 10.05.2003).
- DM Infrastrutture e Trasporti 14 settembre 2005
"Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. n. 222 del 23.09.2005, Suppl. Ord. n. 159) del Ministero delle Infrastrutture che di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile ha emanato un nuovo corpo normativo che assorbe anche quello adottato con l'Ordinanza 3274/03, pervenendo alla suddivisione delle zone sismiche 1, 2 e 3 anche in sottozone caratterizzate da valori dell'accelerazione intermedi rispetto ai valori di soglia.
- OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006
Sono stati emanati ulteriori "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n. 108 del 11.05.2006), ad integrazione della citata OPCM n° 3274/03, tenuto conto che in tale Ordinanza contestualmente si dà atto della provvisorietà dei suddetti criteri, in attesa del completamento delle attività del Gruppo di Lavoro istituito con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici finalizzato alla revisione dei Criteri. Tale Ordinanza ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale.
- DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
"Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (G.U. n. 29 del 04.02.2008, S. O. n. 30). Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in G. U. il DM 14.01.2008 contenente le Nuove NTC. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. A gennaio 2008 una Direttiva del PCM fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC. Il MI Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14.01.2008.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP.
"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (G.U. n. 47 del 26.02.2009, S. O. n. 27).
- Circolare 5 agosto 2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. n. 187 del 13.08.2009).
"Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Cessazione del regime transitorio di cui all'art. 20, comma 1 del D.L. 31 dicembre 2007 n. 248".
- Circolare 11 dicembre 2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. n. 297 del 22.12.2009).

Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Circolare 5 agosto 2009 - Ulteriori considerazioni esplicative.

- OPCM n. 3907 del 13 novembre 2010
"Attuazione dell'articolo 11 del D.L. 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico (G.U. n. 281 del 01.12.2010 – Suppl. Ord. n. 262), che disciplina i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico previsti dall'art.11 della citata legge relativamente ai fondi disponibili per l'annualità 2010".
- OPCM n. 4007 del 29.02.2012
Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011 . (G.U. n. 56 del 17.03.2012).

Normativa regionale

- L.R. n.88 del 6 dicembre 1982
Disciplina dei controlli sulle costruzioni in zone soggette a rischio sismico (Nota: cessa l'applicazione dal 26.10.2006 con l'entrata in vigore del Regolamento di attuazione dell'art. 117, comma 2, lett. g) della L.R. 1/2005 di cui al Decreto del Presidente della Giunta regionale n. 48/r del 17.10.2006).
- Deliberazione di G.R. n. 4432 del 29 aprile 1985
"Orientamenti interpretativi e raccomandazioni in materia di normativa antisismica".
- L.R. n. 21 del 17 aprile 1984 "Norme per la formazione e l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione del rischio sismico, in attuazione dell'art. 20 della legge 10 dicembre 1981, n. 741".
- Deliberazione di Giunta Regionale n. 604 del 16.06.2003
"Indirizzi generali e prime disposizioni sulla riclassificazione sismica della Regione Toscana, in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003".
- Legge regionale n. 1 del 3 gennaio 2005
"Norme per il governo del territorio" (Testo coordinato con l'entrata in vigore della L.R. 15/2005, della L.R. 24/2006 e della L.R. 37/2006).
- Deliberazione di G.R.T. n. 431 del 19 giugno 2006
"Classificazione sismica". Recepisce l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006. La proposta di riclassificazione sismica del territorio regionale è stata illustrata alla Giunta Regionale in data 12 giugno 2006.
- Decreto Presidente G.R. n. 26/r del 27 aprile 2007
"Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche (pubblicato sul B.U.R.T. n. 11 del 7.05.2007)".
- Deliberazione di Giunta Regionale n. 841 del 26 novembre 2007
"Aggiornamento elenco dei comuni a maggior rischio sismico della Toscana. - Allegato 1 - Elenco dei comuni a maggior rischio sismico". - Allegato 2 - Mappa dei comuni a maggior rischio sismico. La Giunta Regionale Toscana individua delle zone a maggior rischio sismico, per complessivi 81 comuni, nelle quali è massima la priorità per lo svolgimento delle attività di prevenzione sismica previste nei programmi regionali. Tale delibera integra e modifica le precedenti deliberazioni di G.R.T. n. 604 del 16.06.2003 e n. 751 del 28.07.2003.
- Decreto del Presidente della G.R. n. 36/R del 9 luglio 2009
"Regolamento di attuazione dell'art. 117 della L.R. 1/2005 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico. (Pubblicato sul B.U.R.T. n. 25 del 17.07.2009)".
- DPGR n.53/R del 25 ottobre 2011

“Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche” (B.U.R.T. n.51-Parte I del 02.11.2011).

- D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012,

“Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006”;

- D.G.R.T. n. 421 del 2014,

“Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 878/2012”;

7.2 - Sismicità del sito

Il territorio comunale di Empoli ricade in Zona 3 di sismicità ai sensi della D.G.R.T. n. 421/2014 aggiornamento della DGRT del 08/10/2012n. 878 del 08/10/2012, “Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008. In base ai dati reperibili su terremoti verificatisi nei comuni toscani, la massima intensità macrosismica osservata per il comune di Empoli risulta non superiore alla magnitudo 7. In base al rapporto “Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo a cura di C. Meletti e G. Valensise (2004) Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, il territorio ricadrebbe all'interno della Zona sismogenetica 916 per la quale è stata definita una magnitudo massima di 6.14.

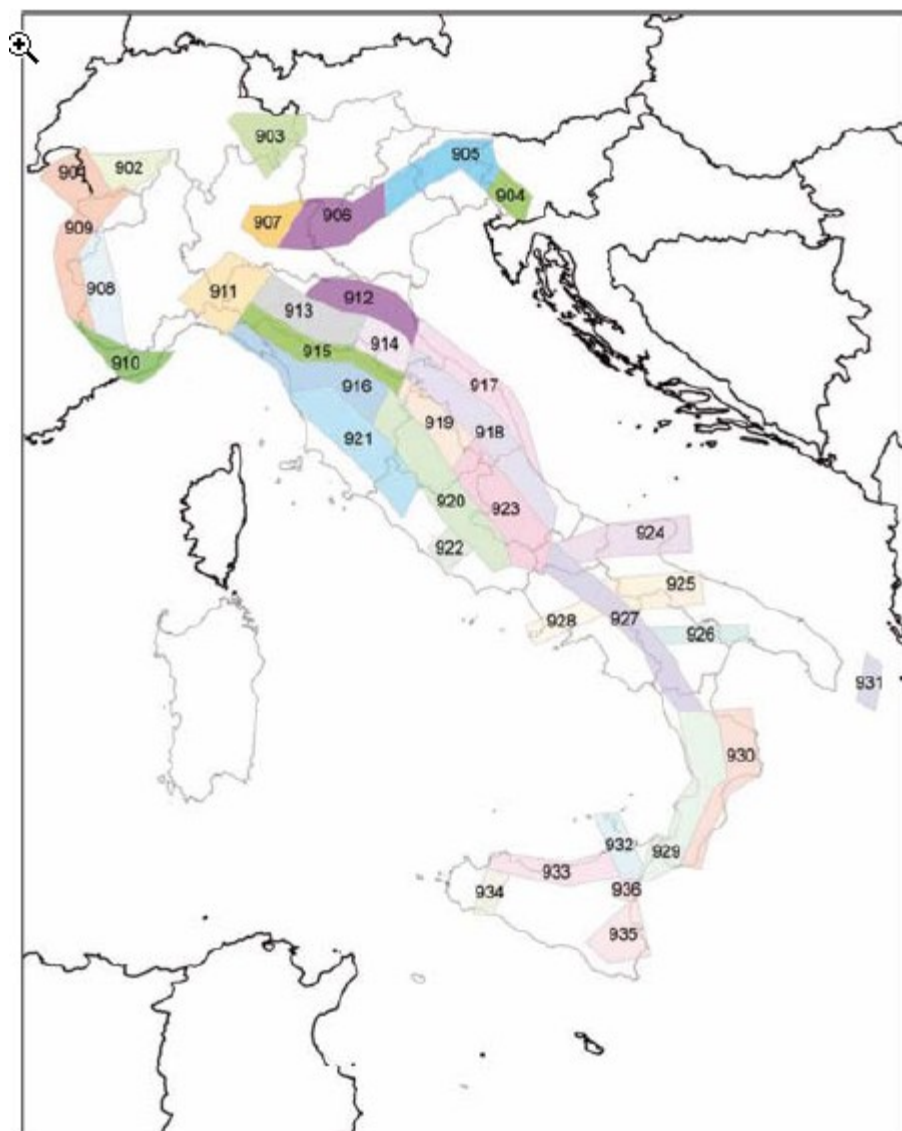


Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

La sismicità dell'area interessata dal progetto in esame è di livello medio basso (zona 3) , sia per quanto riguarda l'attività locale che il risentimento di eventi distanti. Per descrivere in maniera più dettagliata la sismicità dell'area di seguito si riportano, in forma tabellare, gli effetti risentiti nel sito, così come estratti dal DBMI11, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI11.

Il catalogo dei terremoti storici (IGNV – BDMI11) riporta, per il comune di Empoli e le zone limitrofe, , i seguenti eventi sismici: Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Is = intensità risentita al sito).

Dalla tabella è possibile notare come l'intensità massima risentita nell'area interessata dalla realizzazione del progetto non superi il V grado MCS, raggiunto però nel Mugello con magnitudo 6.29.

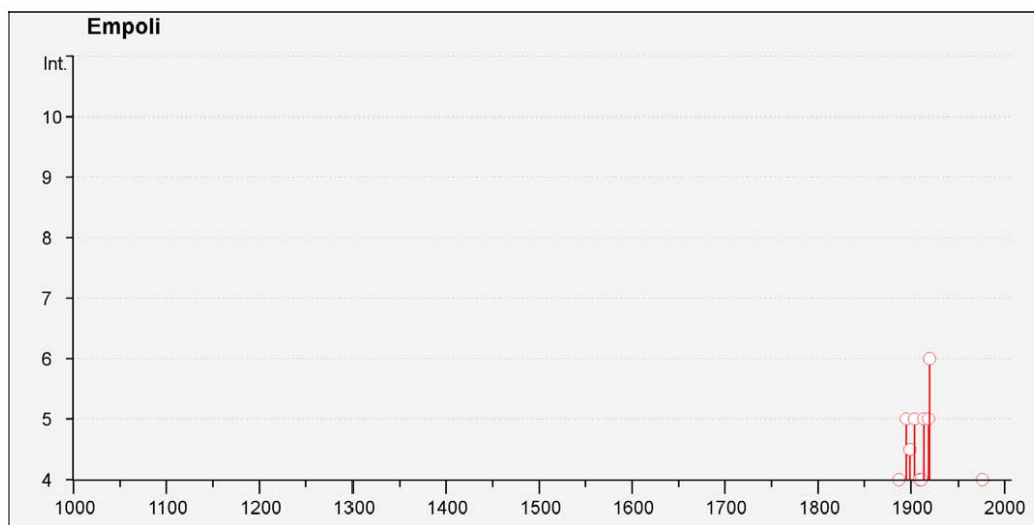
Storia sismica di Empoli [43.719, 10.947]

Numero di eventi: 33

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
F	1846 08 14 12:00	Toscana settentrionale	122	9 5.91 ±0.13
3-4	1873 09 17	LIGURIA ORIENTALE	67	6-7 5.43 ±0.15
2-3	1874 10 07	IMOLESE	60	7 5.02 ±0.18
2	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144	5.93 ±0.16
3	1878 06 04 14:40	Bolognese	13	
F	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
4	1887 11 14 05:48	Fiorentino	101	6 4.54 ±0.13
5	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8 5.43 ±0.08
4-5	1899 06 26 23:17	Valle del Bisenzio	138	7 5.06 ±0.15
3	1903 07 27 03:46	LUNIGIANA	79	7-8 5.25 ±0.17
5	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7 5.15 ±0.14
NF	1907 12 20 10:29	Radda in Chianti	35	6 4.63 ±0.54
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09
3-4	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10
4	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7 5.19 ±0.14
NF	1913 02 13 16:39	Appennino tosco-emiliano	27	5 4.54 ±0.25
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09
3	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
3	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132	5.95 ±0.14
3	1917 04 26 09:35	Valtiberina	134	9-10 5.89 ±0.11
5	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09



Catalogo dei terremoti storici (IGNV – BDMI11) zona di Empoli (FI) –

Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMO	Distanza
Capraia e Limite (Limite sull'Arno)	IT	5	4km
Cerreto Guidi	IT	6	7km
Montelupo Fiorentino	IT	5	6km
Ponte a Elsa	IT	3	5km
San Miniato	IT	21	9km
Vinci	IT	9	7km

7.3. – Caratterizzazione superficie topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni superficiali semplici si può adottare classificazione di cui alla Tab. 3.2.IV del D.M.14.01.2008. Nei presenti casi (entrambi), le zone soggette ad intervento sono associabili alla “categoria topografica T1”, avente fattore $St = 1,0$ e corrispondente a “superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con pendenza media $i \leq 15^\circ$ ”.

7.4 – Categoria del suolo di fondazione

Nel caso in esame il risultato della prospezione sismica con il metodo MASW, effettuata il 30 Maggio 2014, ha dato misura delle $Vs30 = 208$ m/sec, corrispondente a:

Categoria di sottosuolo 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 ($15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

7.5. – Parametri e coefficienti sismici

Con l'entrata in vigore del D.M.14.01.2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($Vs30 > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio “sito dipendente”.

Come indicato e richiesto nell'Allegato A del D.M.14.01.2008, si danno di seguito i valori dei parametri (ag, F0 e T*c) e dei coefficienti sismici utili al Progettista per ricostruire lo spettro di risposta elastico ed eseguire le verifiche SLU e SLE in condizioni sismiche, ovvero SLV (stato limite salvaguardia della vita), SLC (stato limite di prevenzione del collasso), SLO (stato limite di operatività) e SLD (stato limite di danno); tali parametri sono stati ricavati attraverso l'uso di un software della Geostru.

Di seguito si riporta la sintesi dei parametri di sito necessari ai fini del calcolo dell'azione sismica tramite l'applicazione del software sopradetto.

7.5.1. – Sito locale cabina Enel

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine:	43,664064
longitudine:	10,922144
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20497	Lat: 43,6554Lon: 10,8642	Distanza: 4760,115
Sito 2	ID: 20498	Lat: 43,6570Lon: 10,9333	Distanza: 1193,881
Sito 3	ID: 20276	Lat: 43,7069Lon: 10,9311	Distanza: 4820,938

Sito 4	ID: 20275	Lat: 43,7054Lon: 10,8620	Distanza: 6671,413
--------	-----------	--------------------------	--------------------

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: 0,044 g
 Fo: 2,557
 Tc*: 0,245 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,054 g
 Fo: 2,561
 Tc*: 0,255 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,129 g
 Fo: 2,508
 Tc*: 0,281 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,165 g
 Fo: 2,503
 Tc*: 0,286 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
 Ss: 1,500

Cc: 1,670
St: 1,000
Kh: 0,013
Kv: 0,007
Amax: 0,643
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,800
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,046
Kv: 0,023
Amax: 1,899
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,450
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,057
Kv: 0,029
Amax: 2,346
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

7.5.2. – Sito locale turbina/canale di carico/scarico

Sito in esame.

latitudine:	43,66281
longitudine:	10,921962
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20497	Lat: 43,6554Lon: 10,8642	Distanza: 4719,560
Sito 2	ID: 20498	Lat: 43,6570Lon: 10,9333	Distanza: 1118,305
Sito 3	ID: 20276	Lat: 43,7069Lon: 10,9311	Distanza: 4961,000
Sito 4	ID: 20275	Lat: 43,7054Lon: 10,8620	Distanza: 6757,823

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:	0,044	g
Fo:	2,557	
Tc*:	0,245	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,054	g
Fo:	2,561	
Tc*:	0,255	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,129	g
Fo:	2,507	
Tc*:	0,281	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,165	g
Fo:	2,505	
Tc*:	0,286	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,670
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,643
Beta:	0,180

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,650
St:	1,000
Kh:	0,015
Kv:	0,007
Amax:	0,800
Beta:	0,180

SLV:

Ss:	1,500
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,047
Kv:	0,023
Amax:	1,902
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,450
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,057
Kv:	0,029
Amax:	2,348
Beta:	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 43.661847

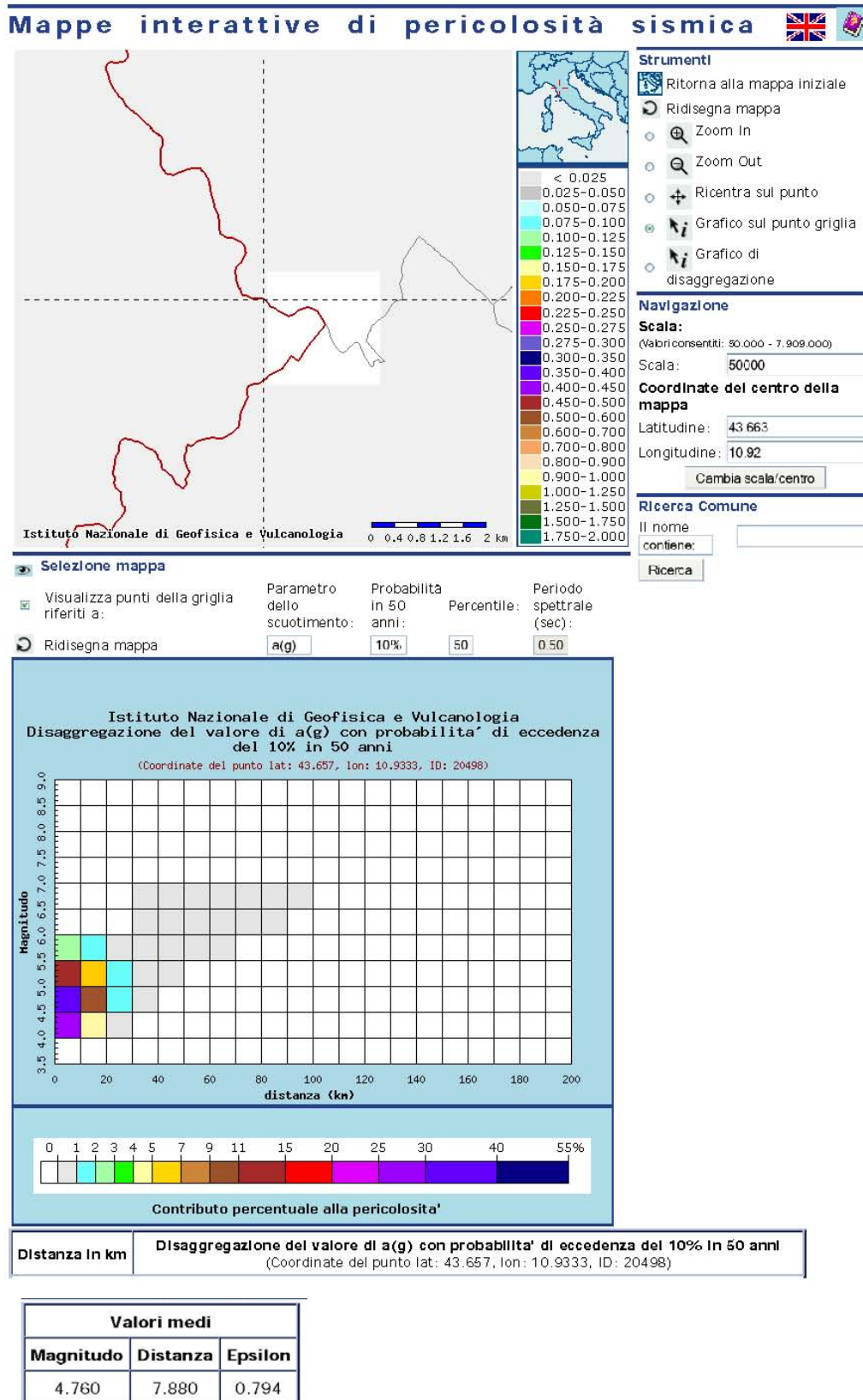
longitudine: 10.920973

7.6 – Suscettibilità alla liquefazione

In presenza di un sottosuolo costituito da terreni saturi non coesivi va considerata la suscettibilità di tali terreni al fenomeno della liquefazione durante eventi sismici. Al verificarsi di tale fenomeno corrisponde una parziale o totale diminuzione del carico limite di fondazione e conseguentemente del coefficiente di sicurezza nei confronti del carico verticale, che dà luogo a cedimenti non accettabili. Perché sussista il rischio di liquefazione occorre che siano verificate le seguenti condizioni:

- granulometria uniforme nel campo delle sabbie medio-fini;
- terreni immersi in falda, e quindi saturi;
- stato di addensamento sciolto;
- pressione litostatica relativamente ridotta;
- scossa sismica di notevole intensità; ella normativa europea (Eurocodice 8) viene riportato che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:
 1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
 2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
 3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
 4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è la resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_1 è il valore della resistenza determinata con le prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
 5. distribuzione granulometrica esterna alla zona indicata come sabbia monogranulare pulita.

Il grafico di disaggregazione della pericolosità sismica per la zona in oggetto (Dogana), visualizzato per valori di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Progetto DPG – IGV-S1), riporta una Magnitudo attesa di $M = 4.760$.



Il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre sottoposte all'accelerazione sismica, che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare. Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente. In riferimento al paragrafo 7.11.3.4.2 del T.U – Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) si ritiene che i terreni che costituiscono il substrato di fondazione del manufatto in oggetto non siano suscettibili al fenomeno della liquefazione durante lo scuotimento sismico.

Tale considerazione deriva dalla presenza di terreni con un grado di addensamento medio-buono attribuibili ad alternanze di limi sabbiosi e limi argillosi per i primi 7 metri circa, al di sopra di argille limose, per cui si esclude che si possano verificare aumenti della pressione interstiziale caratterizzata da deformazioni permanenti significative o dall'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

8. – CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA E IMPATTI ATTESI

In merito agli scavi da realizzare per alloggio turbina e canali si prescrive la preventiva perimetrazione della superficie di lavorazione mediante un palancolato realizzato con palancole in acciaio infisse nel terreno, soluzione progettuale che permetterà di:

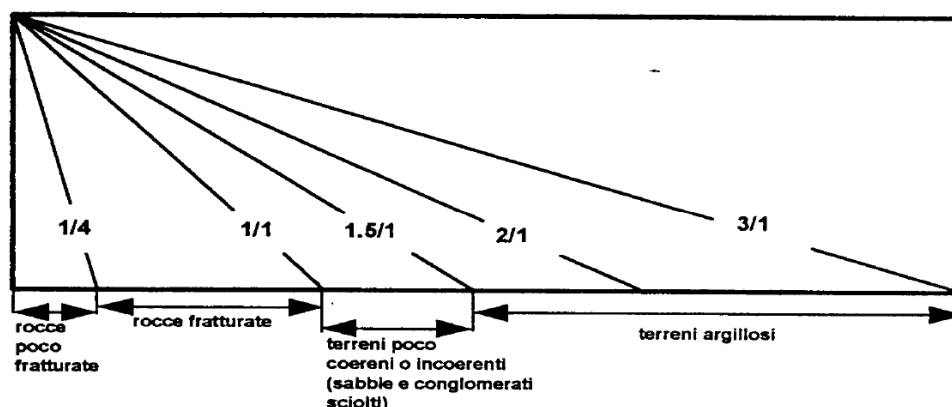
- sorreggere le pareti dello scavo e quindi lavorare in sicurezza, vista anche la presenza della falda di cui, ad oggi, non si conosce l'effettiva profondità;
- salvaguardare il manufatto posto sulla sommità della sponda destra;
- annullare la problematica del possibile sifonamento di fondo scavo

Internamente a questa area, in fase di cantiere, sarà valutata l'eventualità dell'installazione di un impianto di sollevamento del tipo wellpoint, per consentire l'abbassamento del livello delle acque all'interno del bacino (ad oggi non è stato possibile valutarne l'effettiva profondità) fino alla quota di fondo scavo e consentire l'esecuzione dei getti di fondazione in assenza di acqua.

A tale proposito, in fase di progetto esecutivo, saranno eseguite le dovute considerazioni in merito alle problematiche idrogeologiche connesse agli interventi e sarà dimensionato un opportuno sistema di drenaggio ad anello finalizzato all'abbassamento del livello di falda (well points).

La soluzione dell'infissione delle palancole inoltre eviterà:

- sbancamenti di terreno con angoli di scarpa troppo bassi con l'orizzontale, necessari per conferire stabilità al fronte di scavo in funzione della tipologia del terreno presente, caratterizzato da limi-sabbiosi alternati a limi-argillosi, con angoli di attrito mai superiori a 30°;
- una eccessiva movimentazione di materiale;



Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi dovranno essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque e non dovranno essere posti in prossimità di fronti di scavo, per evitare sovraccarichi sui fronti stessi.

Sulla base delle indagini geognostiche ad oggi condotte, gli interventi connessi alla realizzazione dell'impianto idroelettrico (apertura aree di cantiere, infissione di palancole, abbassamento del livello di acqua mediante well-points, scavi ecc....), se correttamente eseguiti, non sembrano poter alterare significativamente le preesistenti condizioni di stabilità né l'assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area.

L'intervento in progetto non interferirà in alcun modo con l'acquifero profondo (A2), quello cioè destinato al consumo potabile della risorsa.

Si ritiene inoltre che le opere di progetto non avranno interferenza con la permeabilità del terreno, se non limitatamente alle fasi di cantiere, poiché post-operam le condizioni idrogeologiche, il regime idraulico e l'interazione fiume-falda (superficiale) ritroveranno la loro stabilità naturale.

Tale considerazione deriva dal fatto che l'acquifero superficiale presenta un livello piezometrico la cui profondità è da accertare e che può variare stagionalmente; non presenta inoltre una pressione idraulica significativa tale da creare problemi per la realizzazione i manufatti interrati in progetto. Inoltre questo acquifero superficiale, alimentato dal fiume Elsa, presenta una grande continuità laterale pertanto si esclude che lo scavo e quanto in progetto possano comportare limitazioni all'alimentazione dell'acquifero, alla luce anche della temporanea infissione delle palancole.

9. – CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA PRODUZIONE DI TERRE E ROCCE DA SCAVO

Infine, si ricorda che fino alla pubblicazione in G.U. del D.P.R. saranno valide le norme in vigore previste dall'art. 41 bis del D.L. n. 69/2013, dal D.M. n. 161/2012 e dal D. Lgs. n. 152/06. Dalla data di entrata in vigore del DPR saranno, quindi, abrogati il D.M. 161/12, l'art. 184-bis c. 2-bis del D.lgs. 152/06, l'art. 266 c. 7 del D.Lgs. 152/06, l'art. 3 c. 1 del D.L. 2/12, gli artt. 41 cc. 2-3 lett. a) e 41-bis del D.L. 69/13.

Sono, ovviamente, fatti salvi i procedimenti avviati sotto il regime previgente che, alla data di entrata in vigore del DPR risultano già in corso o siano addirittura già conclusi.

Per quanto riguarda la questione delle terre e rocce da scavo la norma è sempre in divenire; a tale proposito si ricorda che dal 21 agosto 2013 era cambiata la norma di riferimento per utilizzare come

sottoprodotti i materiali da scavo di tutti i cantieri (piccoli compresi). Fanno eccezione solo quelli sottoposti a Valutazione integrata ambientale (di seguito VIA) o Autorizzazione integrata ambientale (di seguito AIA) che per quantitativi superiori ai 6000 mc rimangono sottoposti al regolamento di cui al DM 161/2012 che prevede la presentazione del Piano di Utilizzo. Nuove disposizioni sono contenute nell'articolo 41-bis (Ulteriori disposizioni in materia di terre e rocce da scavo) del "Decreto del fare", convertito nella legge 98/2013, in vigore dal 21 agosto 2013.

In base all'articolo 41 bis i materiali da scavo vengono sottoposti al regime di cui all'articolo 184-bis del Dlgs 152/2006 (quindi al regime dei sottoprodotti e non a quello dei rifiuti) per qualunque quantitativo, proveniente da cantieri, le cui opere non sono soggette ad AIA o VIA, ma anche per quantità inferiori o uguali ai 6000 mc e opere soggette a VIA ed AIA. Tutto ciò a condizione che il produttore attesti, attraverso una dichiarazione (dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi del DPR 445/2000) alle sedi ARPAT territorialmente competenti, alcune condizioni fondamentali.

Laddove si intenda riutilizzare il materiale di scavo direttamente in situ (medesimo intervento edilizio, medesima area di cantiere), la norma segue l'art. 185 comma 1 lett. c-bis del d. lgs. n. 152/2006, ovvero:

"Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)

c) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato";

Il giorno 14 Luglio 2016 il Consiglio dei Ministri (n.123) ha approvato, in esame definitivo, uno schema di decreto del presidente della repubblica recante la "Disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".

Nello specifico, il provvedimento definisce un quadro normativo di riferimento completo, chiaro e coerente con la disciplina nazionale e comunitaria, assorbendo in un testo unico le numerose disposizioni oggi vigenti che disciplinano la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo.

Il decreto nello specifico ha per oggetto:

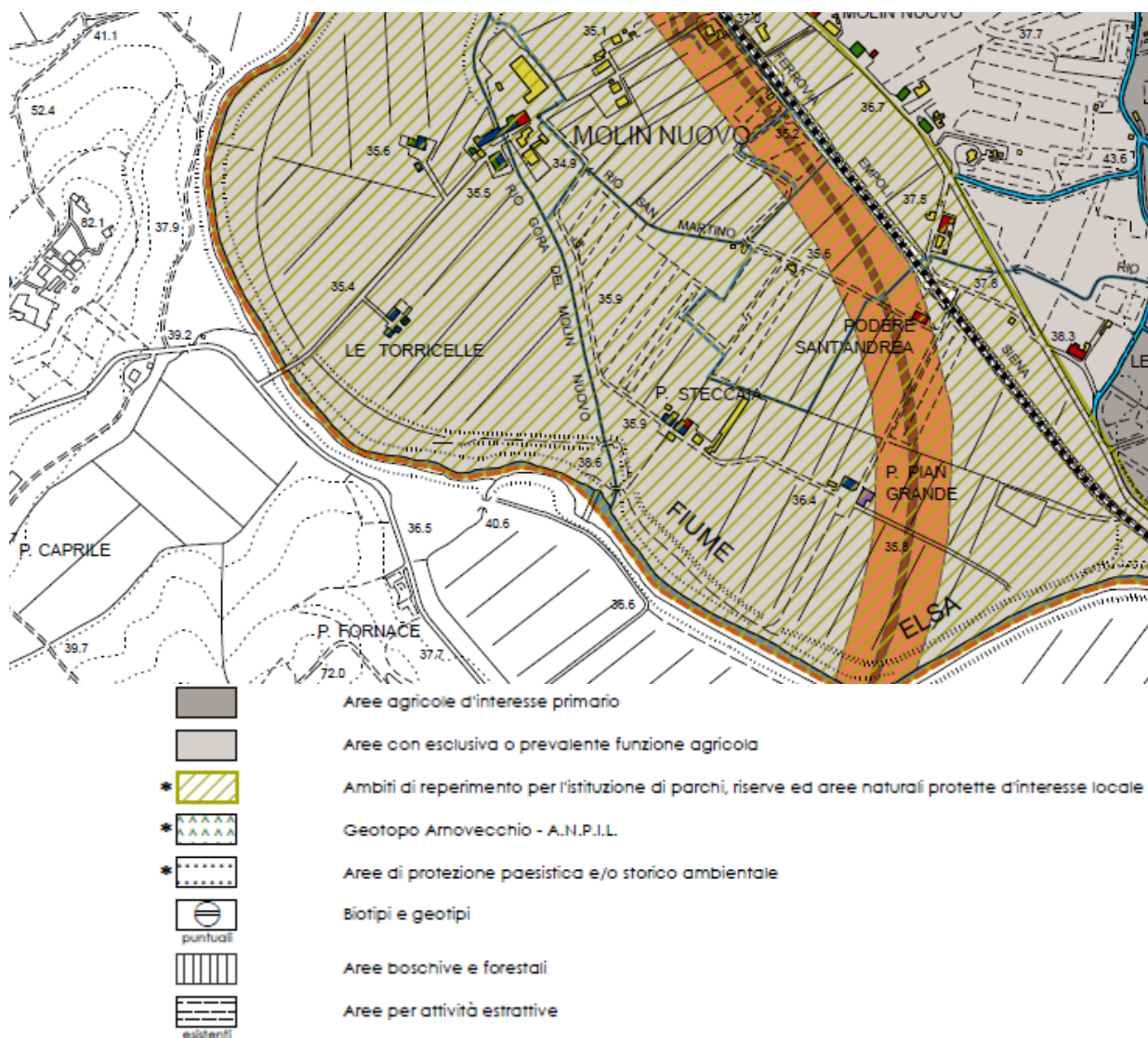
- la gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti provenienti da cantieri di piccole e grandi dimensioni;
- la disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo;
- l'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti;
- la gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica.

Si ricorda comunque che fino alla pubblicazione sulla G.U. del D.P.R. saranno valide le norme in vigore previste dall'art. 41 bis del D.L. n. 69/2013, dal D.M. n. 161/2012 e dal D. Lgs. n. 152/06.

Sono, ovviamente, fatti salvi i procedimenti avviati sotto il regime previgente che, alla data di entrata in vigore del DPR risultano già in corso o siano addirittura già conclusi.

In riferimento al presente progetto e alle tavole di cantiere redatte dal geom. Fabio Scarpellini, alle quali si rimanda per maggiori dettagli, le terre e rocce da scavo prodotte nell'ambito del suddetto progetto, di volume lordo inferiore ai 6000 mc ("piccolo cantiere"), verranno riutilizzate nello stesso sito di produzione.

In base alla volumetria di materiale escavato, inferiore a 6000 mc e all'attuale destinazione del sito, definito nell'ambito dello strumento urbanistico vigente (Piano Strutturale Comune di Empoli) come "area con esclusiva o prevalente funzione agricola" e "ambiti di reperimento per l'istituzione di parchi, riserve ed aree naturali protette di interesse locale" si presuppone che il suolo si trovi "allo stato naturale" ovvero non abbia avuto contaminazioni causate da attività urbane o industriali, per cui possa, come dice la definizione, essere "riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato".



Stralcio estratto dal PS Comune di Empoli

Al fine di accertare lo "stato naturale" del materiale escavato, in fase esecutiva e quindi con l'inizio dei lavori di scavo mediante l'uso di macchine escavatrici, potrà essere prelevato n.1 campione di terreno su cui eseguire le opportune analisi chimiche secondo la Tab.1 All. 5 Tit. V p. IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Le modalità di prelievo ed il risultato delle analisi saranno comunicate all'ufficio Arpat competente.

Set minimo parametri

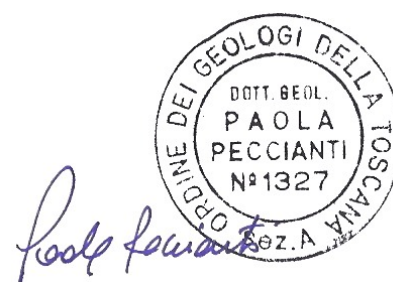
Tabella 1 All. 5 titolo V parte IV del D.Lgs. 152/06 (CSC)

PARAMETRO	- COLONNA A - SITI USO VERDE PUBBLICO, PRIVATO E RESIDENZIALE (mg/kg ss)	- COLONNA B - SITI USO COMMERCIALE E INDUSTRIALE (mg/kg ss)
ARSENICO	20	50
CADMIO	2	15
COBALTO	20	250
NICHEL	120	500
PIOMBO	100	1000
RAME	120	600
ZINCO	150	1500
MERCURIO	1	5
IDROCARBURI C > 12	50	750
CROMO TOTALE	150	800
CROMO VI	2	15
AMIANTO	1000	1000
BTEX (*)	1	100
IPA(*)	10	100

Per i macchinari utilizzati, metodologia di scavo ed i quantitativi precisi di materiale movimentato si rimanda agli elaborati di cantiere (geom F. Scarpellini).

Gennaio 2017

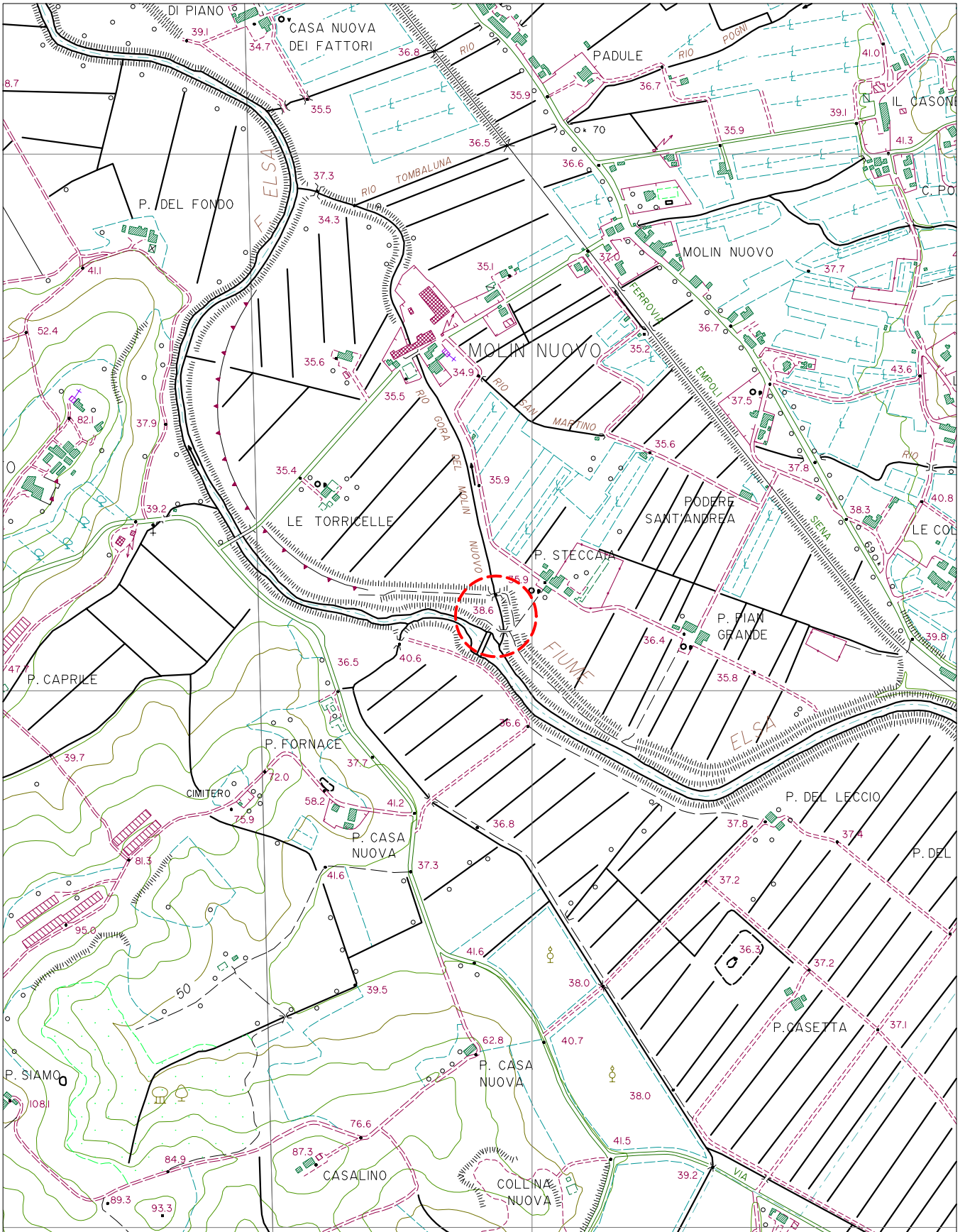
dott. Geol. Paola Peccianti



BIBLIOGRAFIA

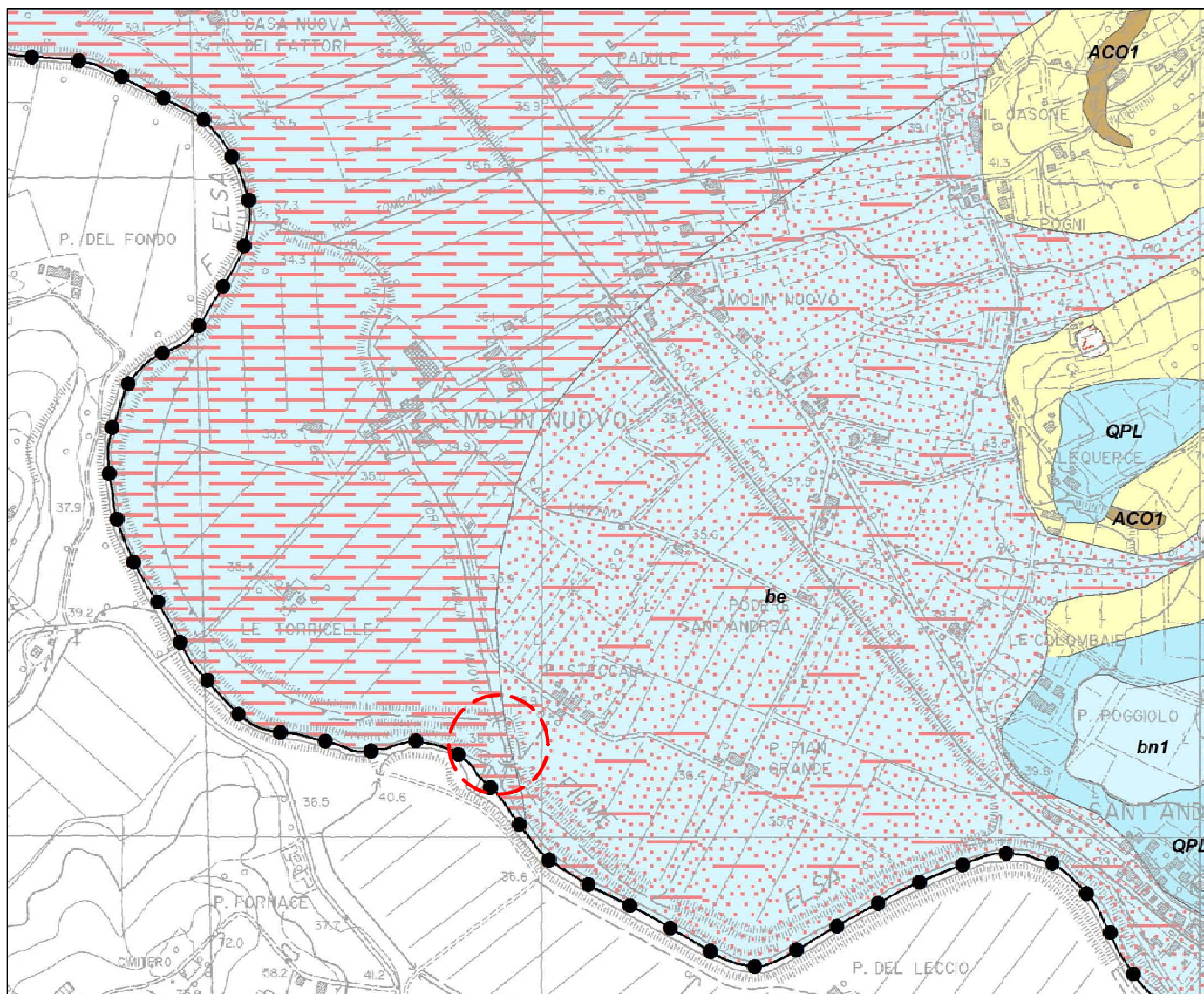
- *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;*
- *REGIONE TOSCANA - BANCA DATI GEOLOGICI (2005);*
- *Relazione geologica - Variante al Piano Strutturale del Comune di Empoli (Getas Petrogeo di Pisa, Marzo 2013);*
- *Relazione geologica di fattibilità- Secondo Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli (Getas Petrogeo di Pisa, Marzo 2013);*
- *Modellazione sismica e stabilità alla liquefazione ([quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08 Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi, P. Barsanti –C. Civelli).*
- *Potenzialità sismica della toscana e definizione dei criteri di priorità per interventi di prevenzione (E. Mantovani, M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani, G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'Intinosante, P. Fabbroni; Regione Toscana, 2012)*

FIG. 1 - COROGRAFIA
(C.T.R. - Scala 1: 10.000)












Area in oggetto

(VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI EMPOLI - Scala 1: 10.000)



FORMAZIONI GEOLOGICHE

	Detriti di versante		(dt)
	Alluvioni: Ghiaie Sabbie		(bc)
	Alluvioni: Sabbie Limi	OLOCENE	(be)
	Alluvioni: Limi Argille		(bf)
	Alluvioni terrazzate		(bn1)
	Conglomerati Sabbie Limi	PLEISTOCENE	(QPL)
	Argille azzurre		(FAA)
	Ghiaie e Conglomerati	PLIOCENE	(ACO2)
	Sabbie marine		(ACO1)


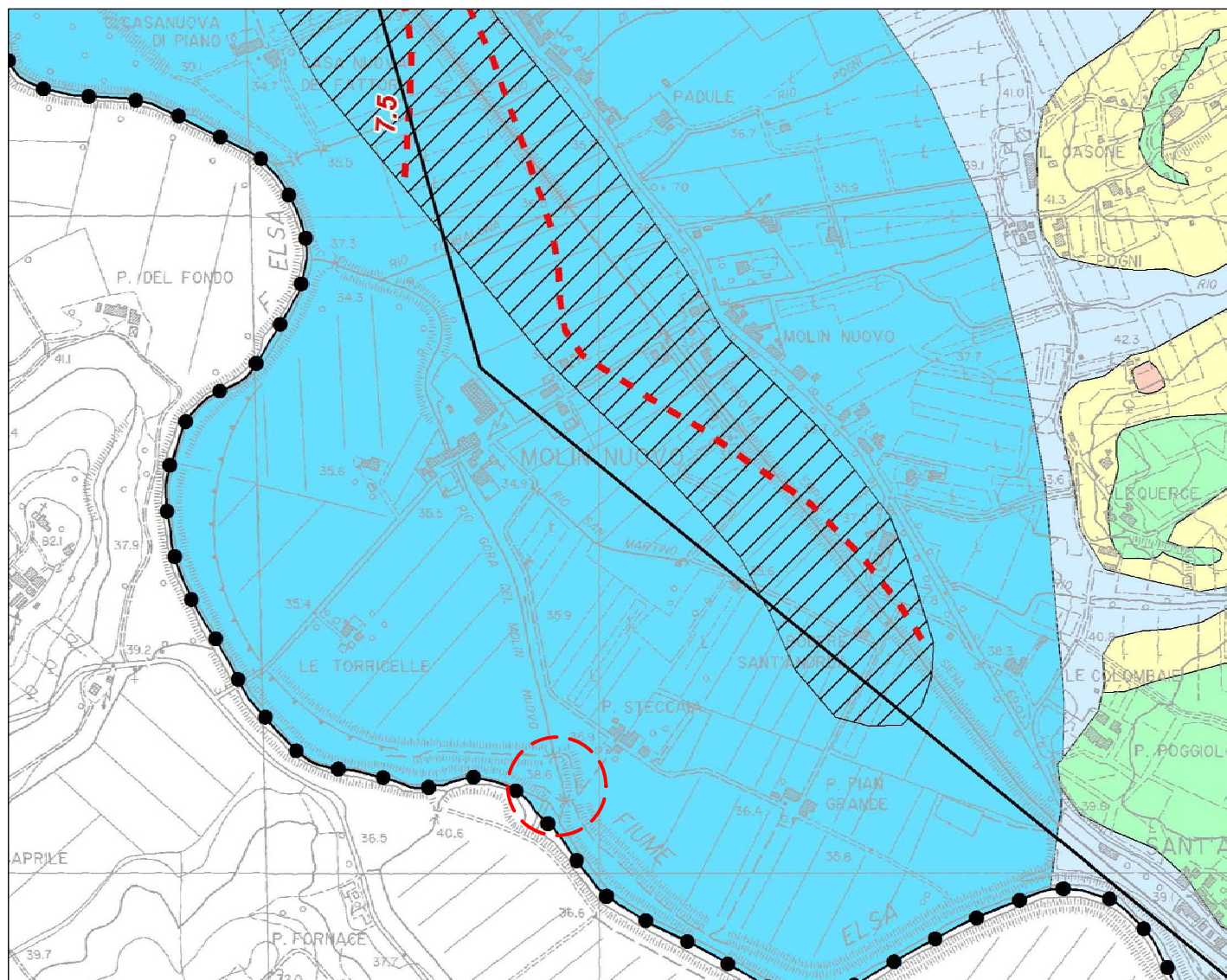
 Area in oggetto

FIG.3 - CARTA GEOLITOTECNICA
(VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI EMPOLI - Scala 1: 10.000)



●●●●● Confine comunale

— Traccia delle sezioni geologico-tecniche

- - - Isobata del tetto dello strato scadente



PIANURA: Aree con presenza di terreni scadenti a profondità inferiori a 10 m



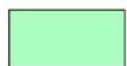
PIANURA: Caratteristiche geotecniche buone



PIANURA: Caratteristiche geotecniche discrete



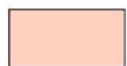
PIANURA: Caratteristiche geotecniche scadenti



COLLINA: Caratteristiche geotecniche buone



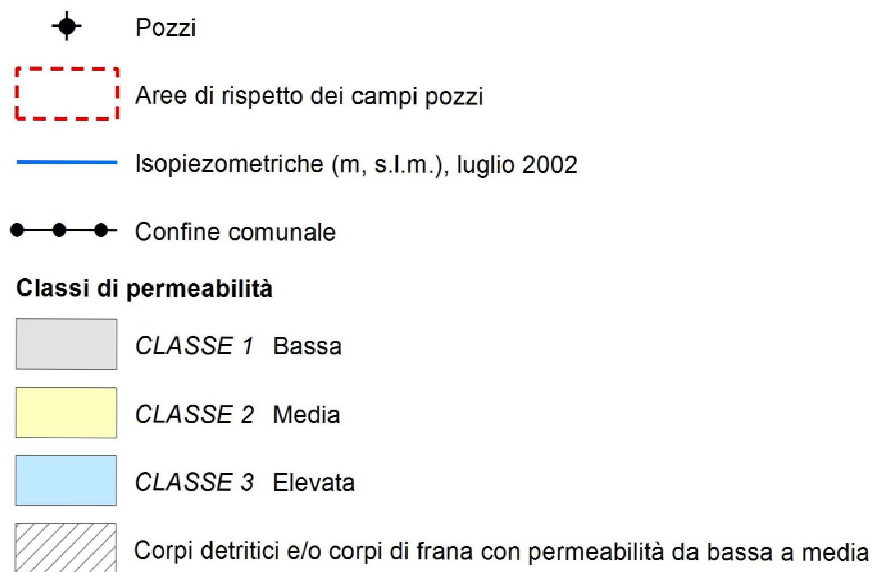
COLLINA: Caratteristiche geotecniche discrete



COLLINA: Caratteristiche geotecniche scadenti

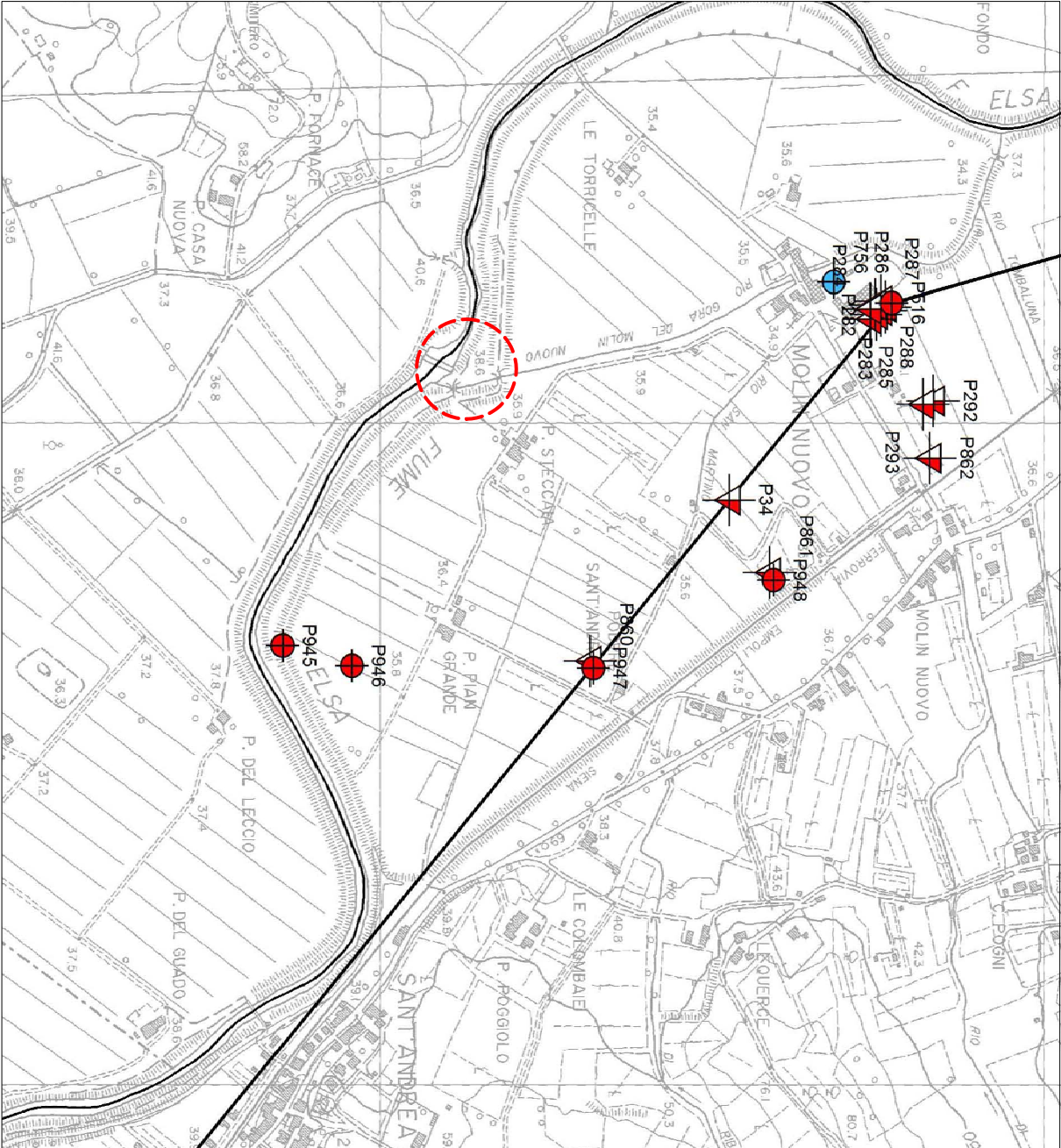


Area in oggetto

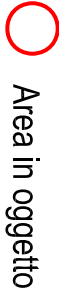


○ Area in oggetto

FIG. 5 - CARTA DEI DATI DI BASE
(VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI EMPOLI - Scala 1: 5.000)

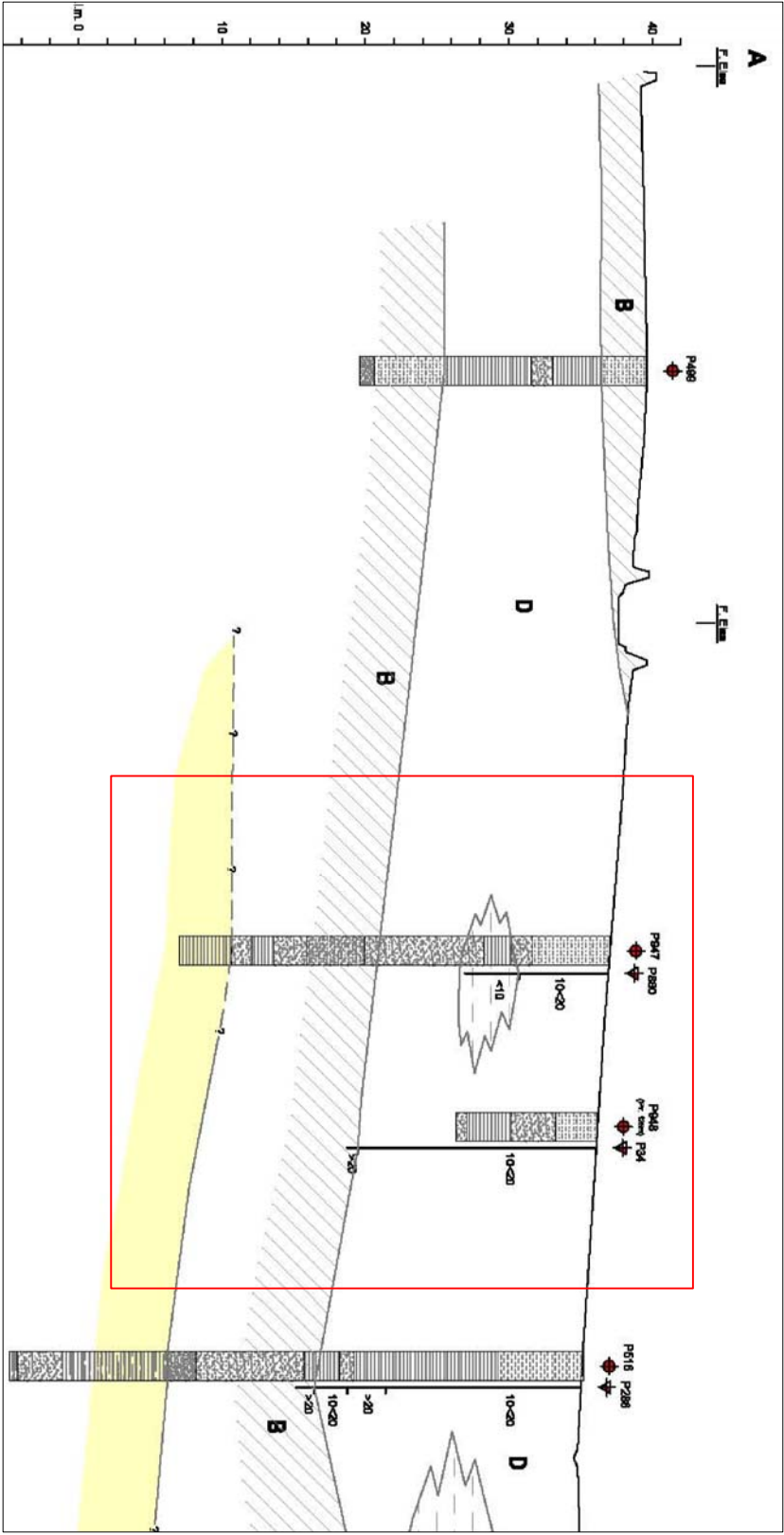


Traccia della sezione geologico-tecnica

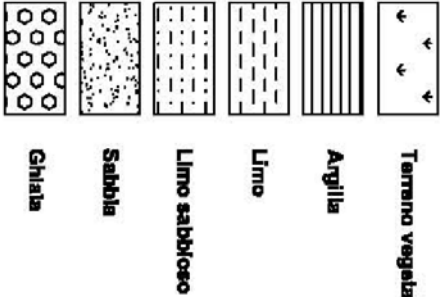


Area in oggetto

FIG.6 -SEZIONI
(VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI EMPOLI - Scala verticale 1:200 - scala verticale 1: 10.000)



STRATIGRAFIA NEI SONDAGGI



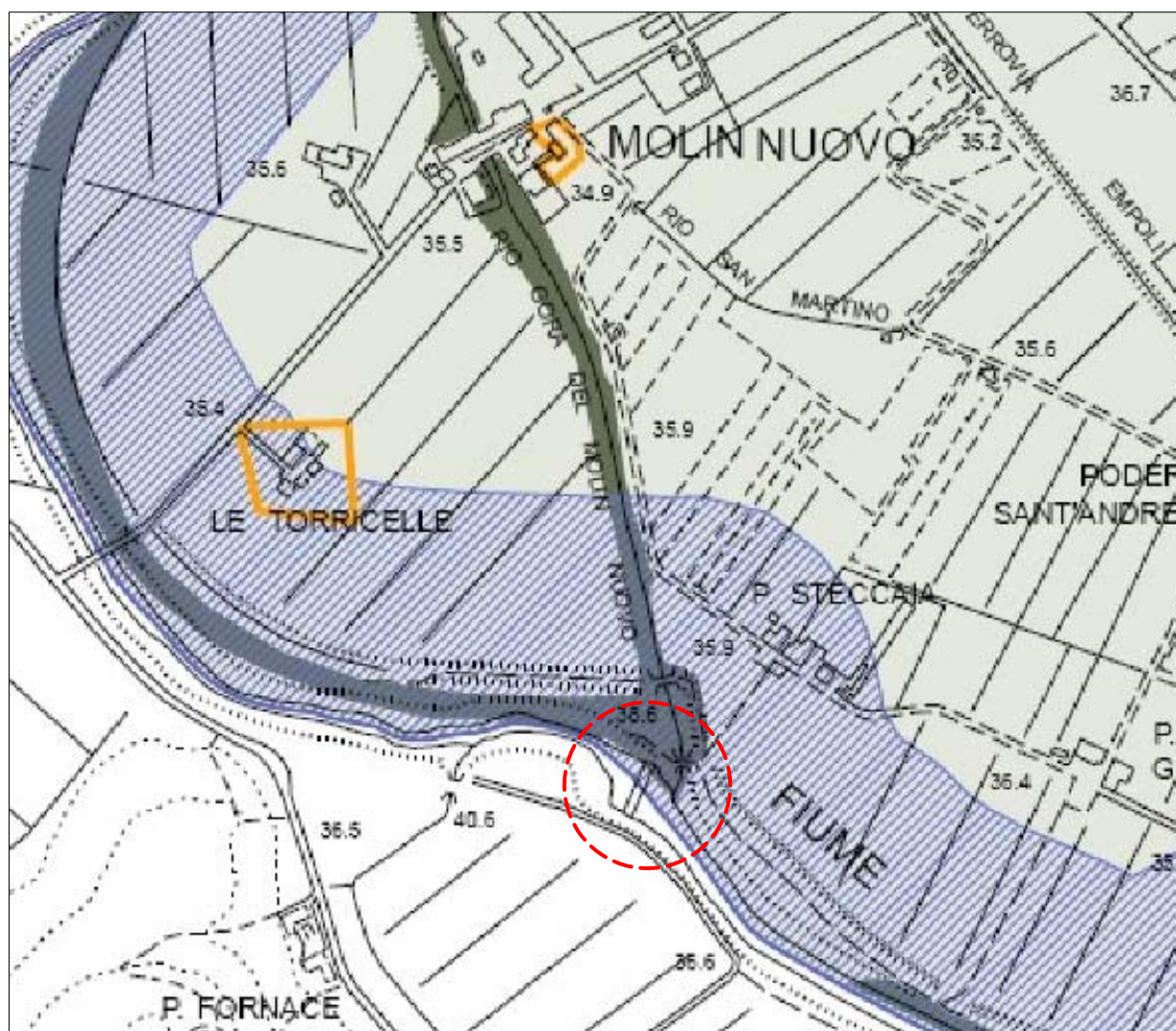
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENI DI PIANURA







Succezione pre-Quaternaria




FIG. 7 - CARTA DEI VINCOLI
(RU EMPOLI - fuori scala)




Aree e zone vincolate ai sensi del D.Lgs. 4/2004, Parte III

-  Corsi d'acqua vincolati
-  Fascia di rispetto ai corsi d'acqua vincolati
-  Superfici boscate
-  Superfici vegetazione riparia


Vincoli per la sicurezza e la difesa del suolo


 Vincolo idrogeologico e forestale ai sensi del R.D. 3267/1923

Altri vincoli

 Aree percorse da incendi

Beni culturali

 Edifici ed aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004, Parte II

 Area in oggetto

Rischio archeologico

-  Livello di criticità alto
-  Livello di criticità medio
-  Livello di criticità basso
-  Livello di attenzione

su immagine satellitare (fuori scala)

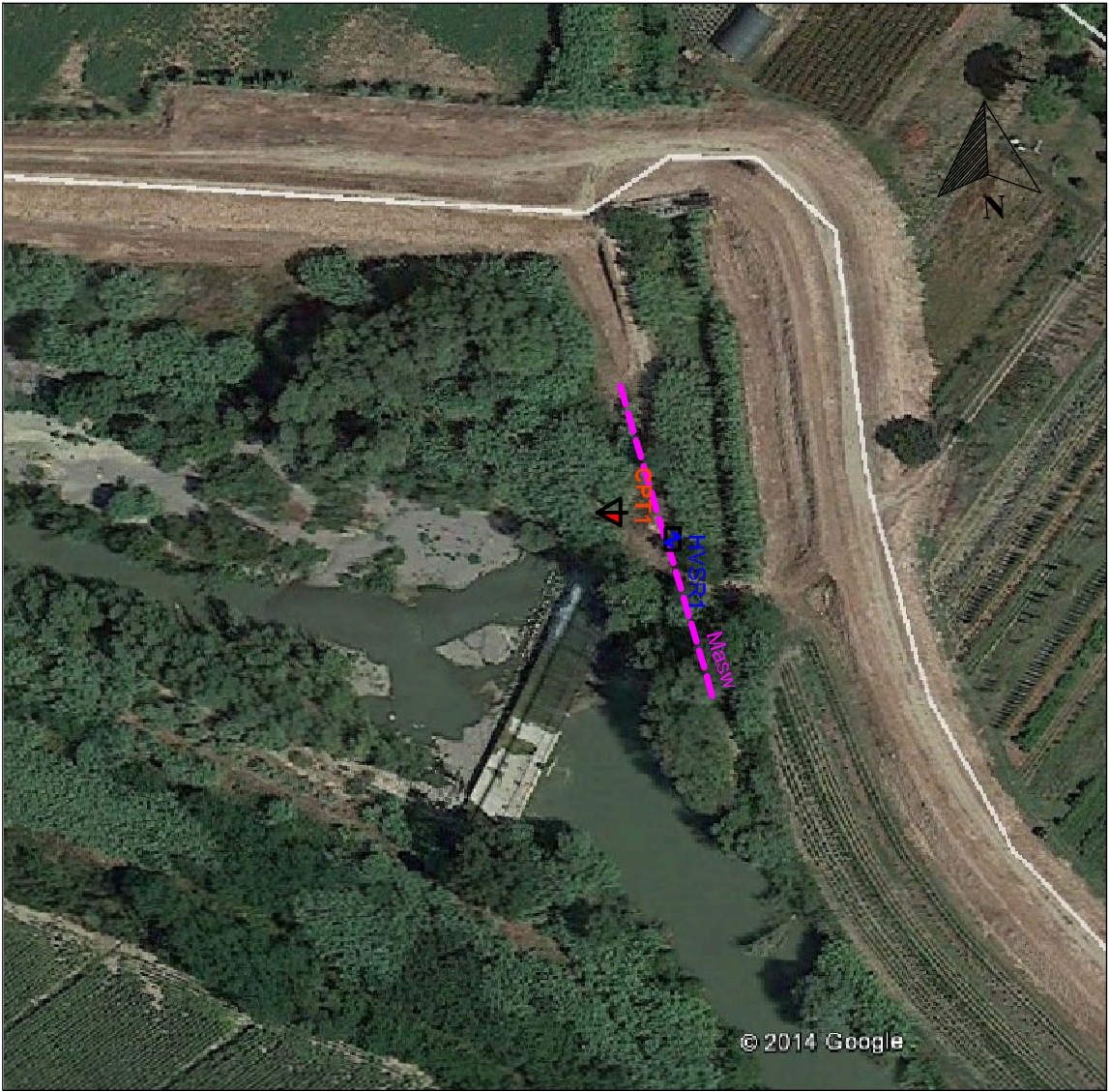
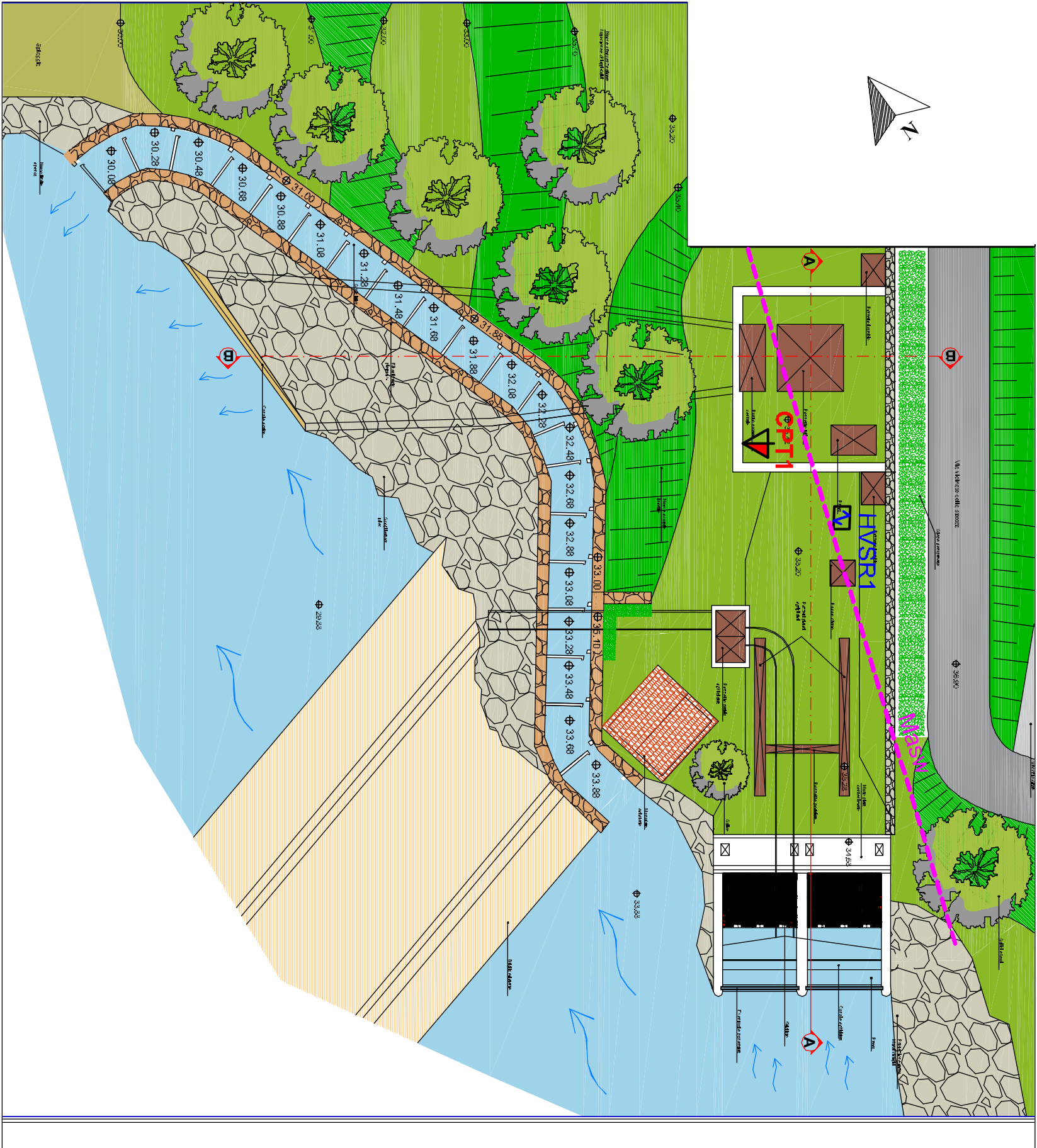



FIG. 8 A - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITU


Su stato di progetto (scala 1:200)



UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU
(svolte in occasione del presente lavoro)

 **CPT1**
Prova penetrometrica statica (CPT)

 **MASW1**
Indagine sismica Masw

 **HVSRI1**
Misura di rumore (HVSRI)



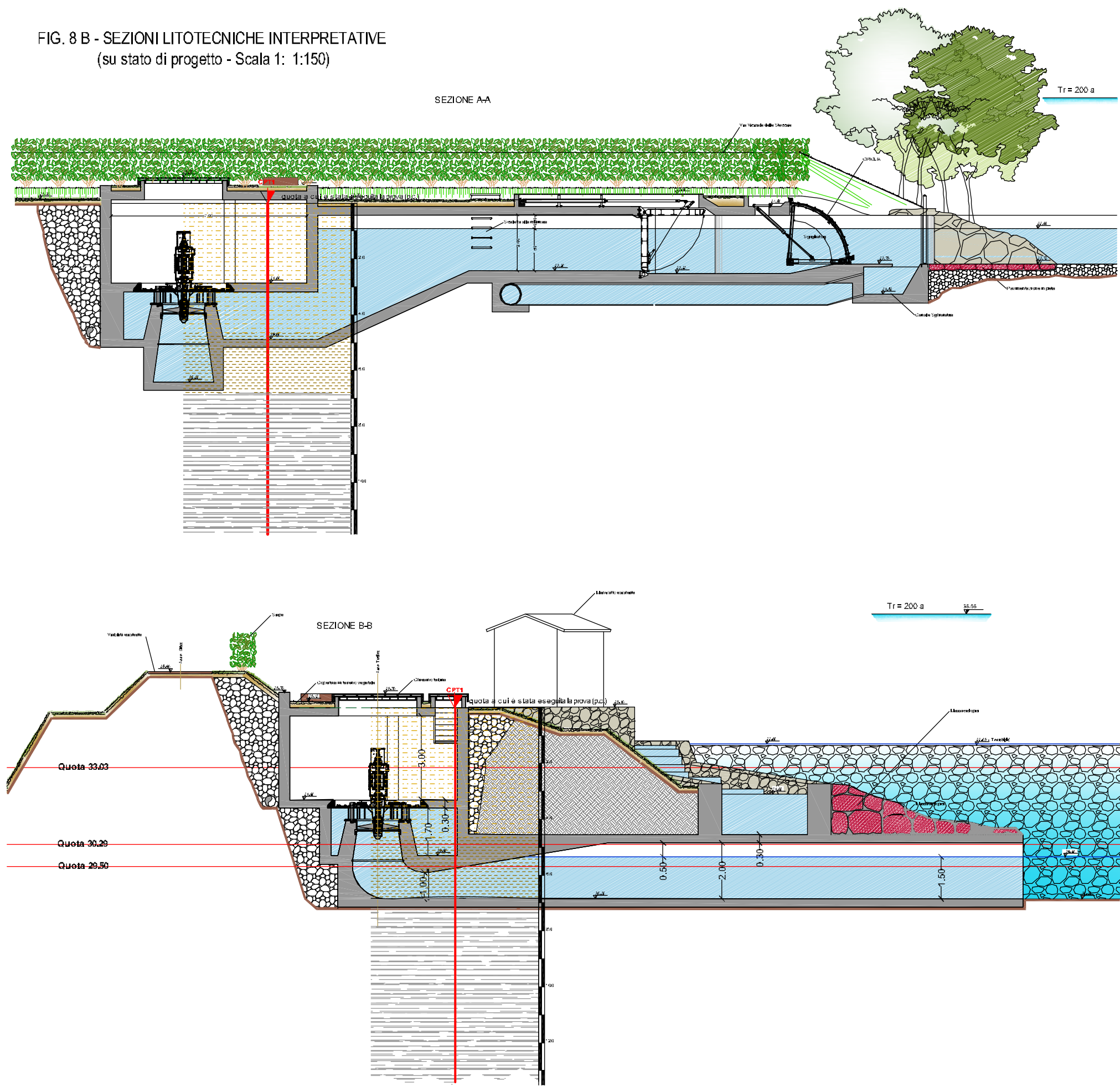

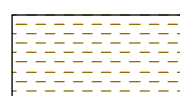

 **B**  **B**
Traccia delle sezioni litotecniche

FIG. 8 B - SEZIONI LITOTECNICHE INTERPRETATIVE
(su stato di progetto - Scala 1: 1:150)



	orizz. A	da m 0.0	a m. 4.6	Terreno vegetale superficiale/Limi sabbiosi debolmente argillosi, mediamente addensati; (Rp=42 * ϕ = 30.0° * γ =1.85 t/mc * mv=0.012 cmq/kg * Dr=40-50 %)
	orizz. B	4.6	6.8	Limi argillosi sciolti e poco consistenti; (Rp=8 * Cu=0.30 kg/cmq * ϕ = 25.0° * γ =1.75 t/mc * mv=0.037 cmq/kg)
	orizz. C	6.8	11.6	Argille limose moderatamente consistenti; (Rp=15 * Cu=0.55 kg/cmq * γ =1.80 t/mc * mv=0.025 cmq/kg)


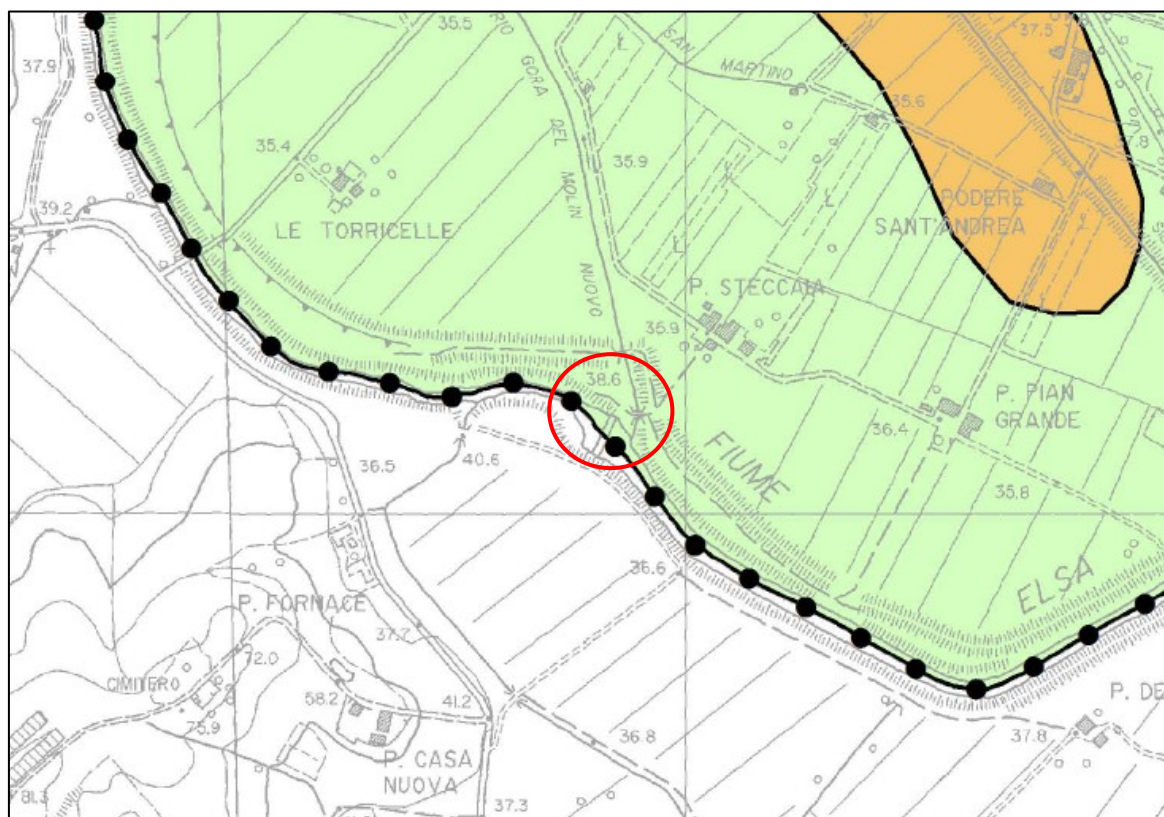






CPT1
 35.10
quota a cui è stata eseguita la prova (p.c.)

FIG. 9 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA
(VARIANTE P.S. EMPOLI approvato con D.C.C. n. 72 del 04/11/2013 -fuori scala)



LEGENDA:		
	G1	PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA
Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, glaciali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici.		
	G2	PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e glaciali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 20%.		
	G3	PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA
Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla glaciazione, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 20%.		
	G4	PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA
Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi e da intensi fenomeni erosivi.		
	DISCARICA	
	CONFINE COMUNALE	


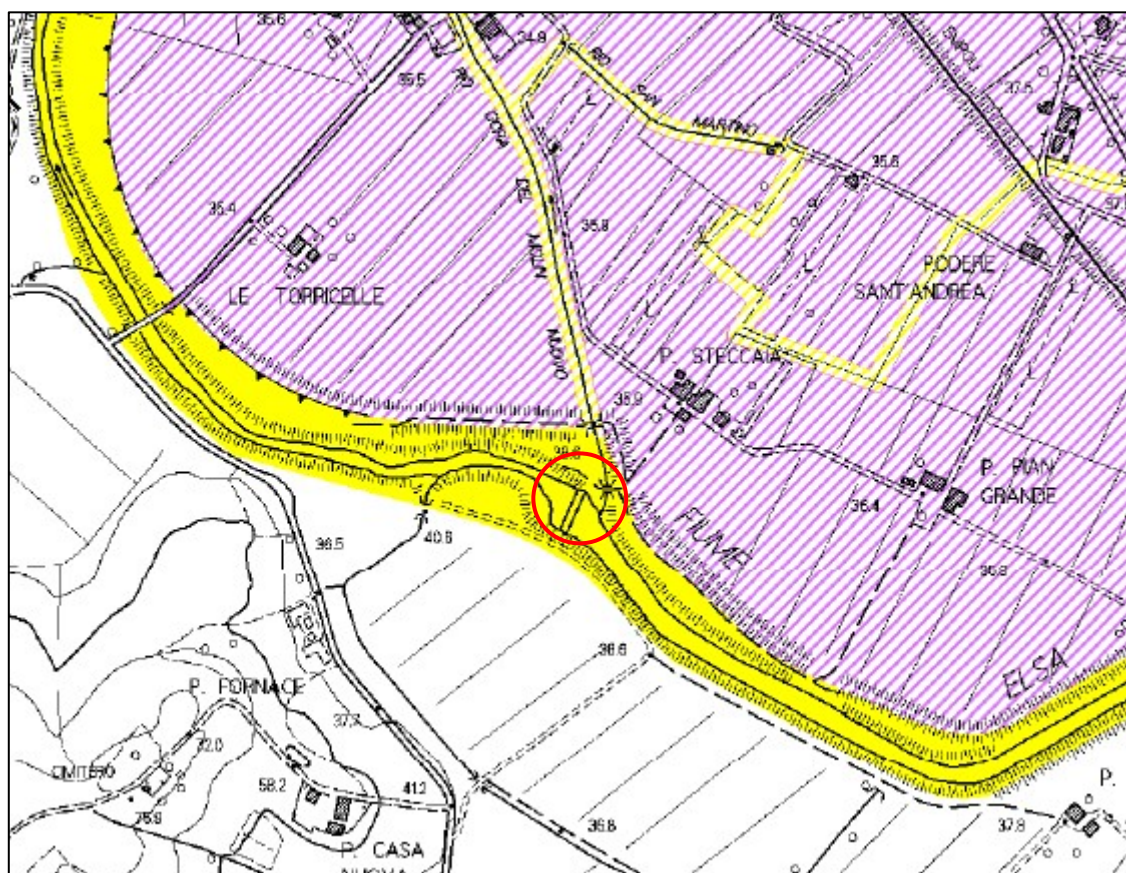
 Area di indagine

FIG. 10 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
(estratto da Studio idrologico-idraulico a supporto del RU EMPOLI, Marzo 2013 -fuori scala)



Legenda

Pericolosità definita da studi idraulici



I3 Pericolosità idraulica elevata



I4 Pericolosità idraulica molto elevata

Pericolosità su base geomorfologica e storico-inventariale



I1 Pericolosità idraulica modesta



I2 Pericolosità idraulica media



I3 Pericolosità idraulica elevata

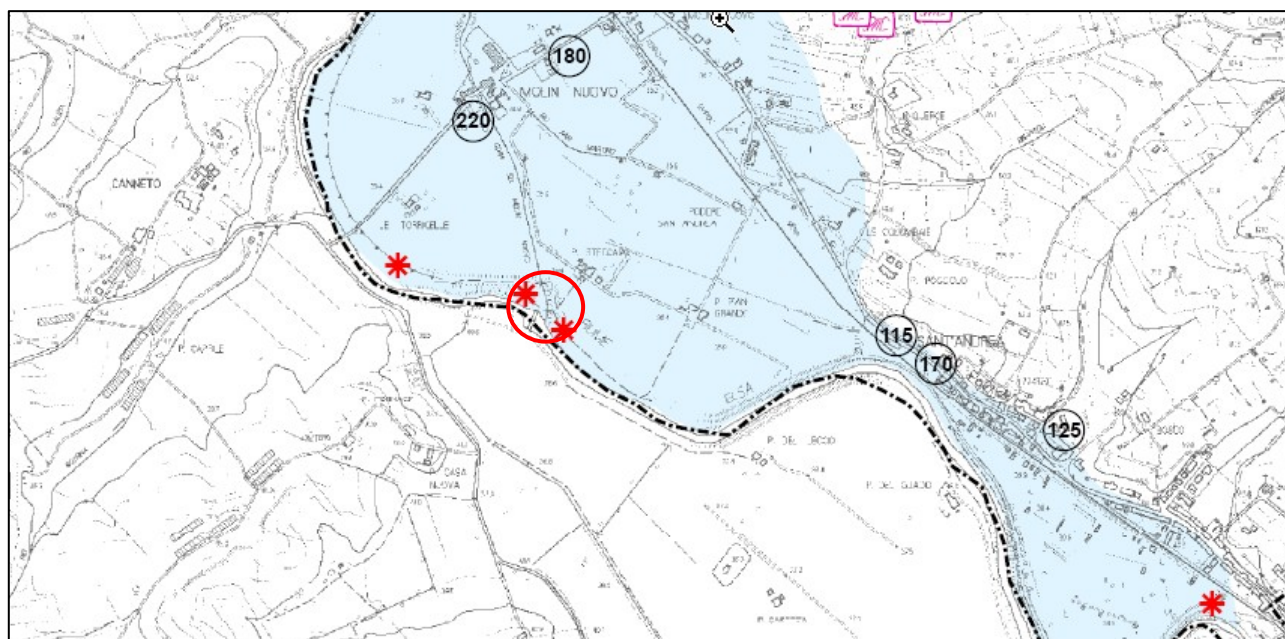


I4 Pericolosità idraulica molto elevata





Area di indagine




FIG. 11 - CARTA DELLA DELLE AREE ALLAGATE
(estratto da Studio idrologico-idraulico a supporto del RU EMPOLI, Marzo 2013 - fuori scala)



Altezza acqua esondazioni


-  Altezza dell'acqua (cm) sopra p.c. Novembre 1966
-  Altezza dell'acqua (cm) sopra p.c. Ottobre 1993

Rotture argini




-  Rottura argine 1966
-  Rottura argine 1993
-  uscita rii minori 1993

----- Confini comunali

..... Limite delle aree allagate nell'evento del 1844

 Aree soggette a ristagni localizzati secondo dichiarazioni pro-veritate dei proprietari del Dicembre 2002

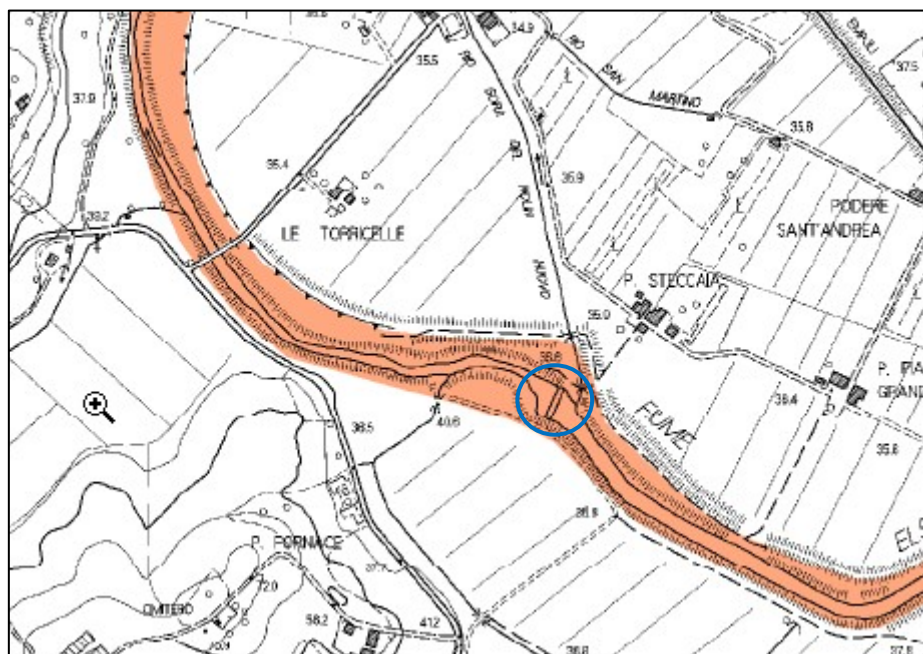
Aree allagate

-  Aree allagate nel Novembre 1966
-  Aree allagate nel 1992
-  Aree allagate e/o di ristagno (1992/1993)



Area in studio

FIG. 12 - CARTA DELLA DELLE AREE ALLAGABILI
 (estratto da Studio idrologico-idraulico a supporto del RU EMPOLI, Marzo 2013 -fuori scala)



Perimetrazione aree allagabili $Tr < 30$ anni



Perimetrazione aree allagabili $30 < Tr < 100$ anni

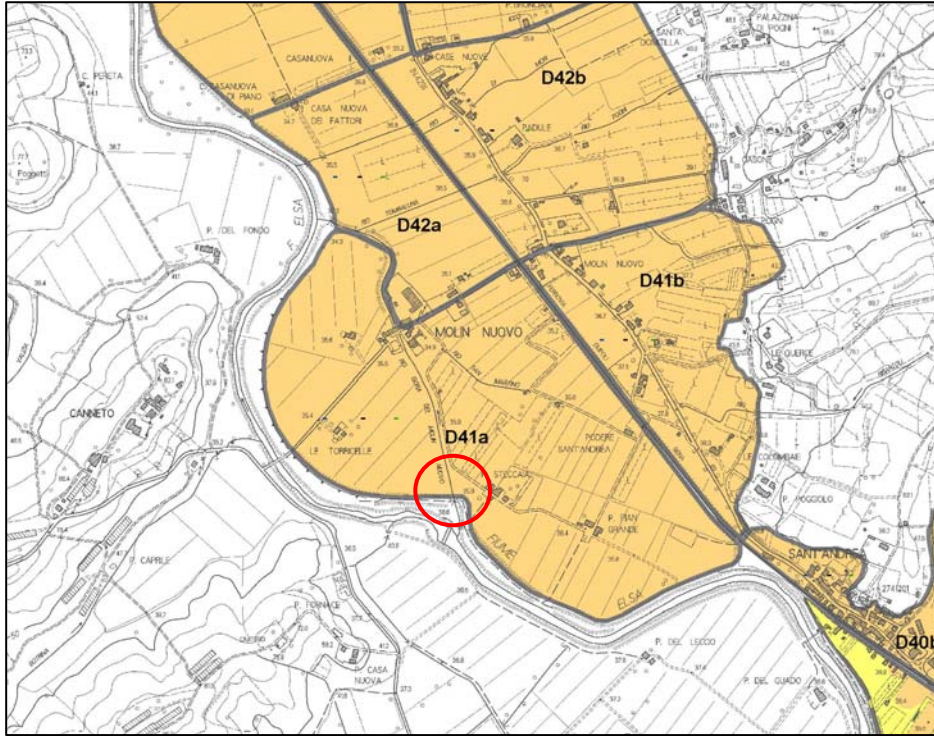


Perimetrazione aree allagabili $100 < Tr < 200$ anni



Area in studio

(estratto da Studio idrologico-idraulico a supporto del RU EMPOLI approvato Marzo 2013 -fuori scala)



H200	Livello idrometrico [m s.l.m.] per eventi con tempi di ritorno Tr_{200}
H100	Livello idrometrico [m s.l.m.] per eventi con tempi di ritorno Tr_{100}
H30	Livello idrometrico [m s.l.m.] per eventi con tempi di ritorno Tr_{30}
VD39a	Area di potenziale esondazione
	Limiti aree a pericolosità idraulica I3

Le aree ricadenti nei limiti della pericolosità idraulica I3 con quote del terreno superiori ai livelli idrici riportati nella presente Tavola sono soggette al transito delle esondazioni e convenzionalmente si assume un battente idrico di +0.3 m sul piano campagna














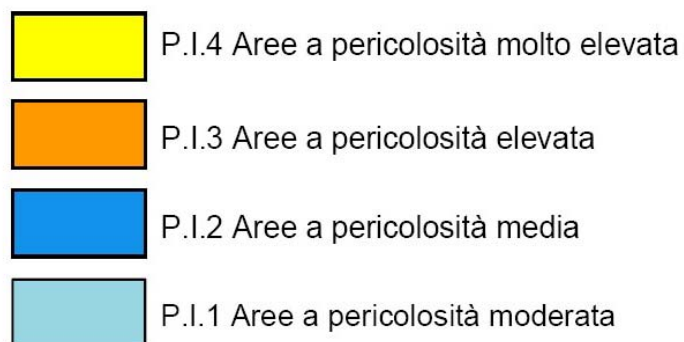
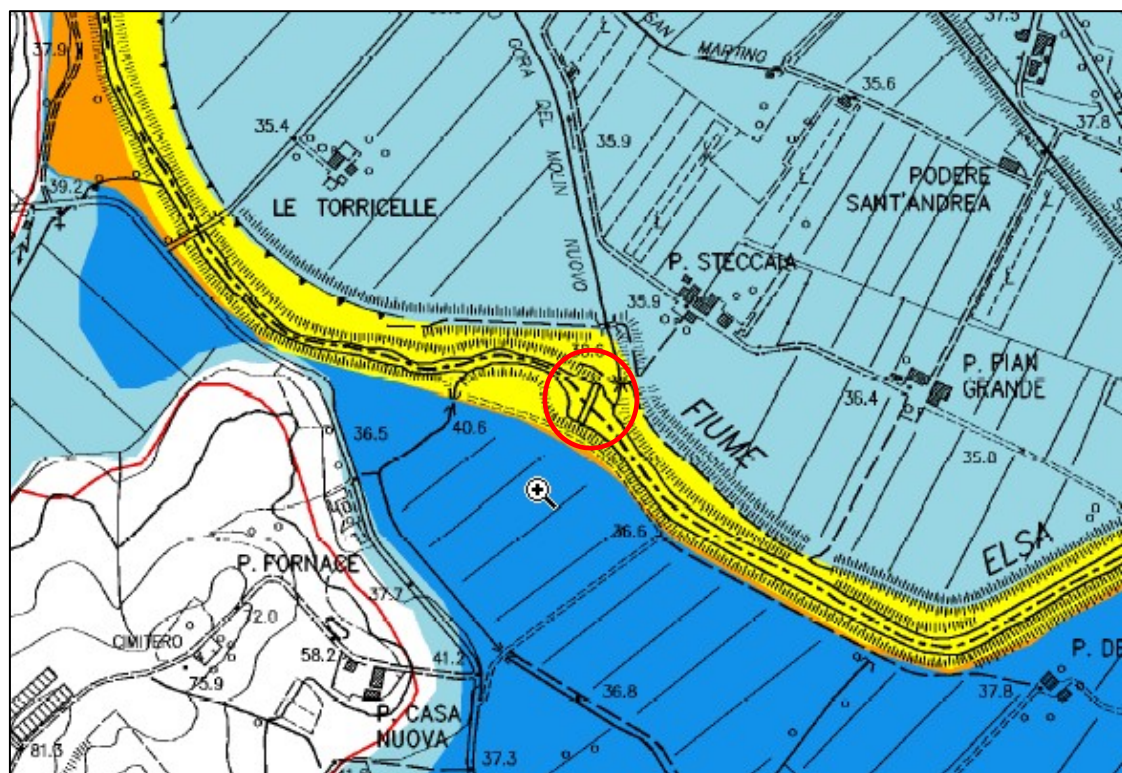


 Area in studio

FIG. 14 - PERIMETRAZIONE AREE CON PERICOLOSITA' IDRAULICA
(PAI BACINO FIUME ARNO – LIVELLO DI DETTAGLIO – stralcio n.431 fuori scala)



 Area di indagine

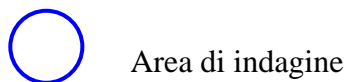
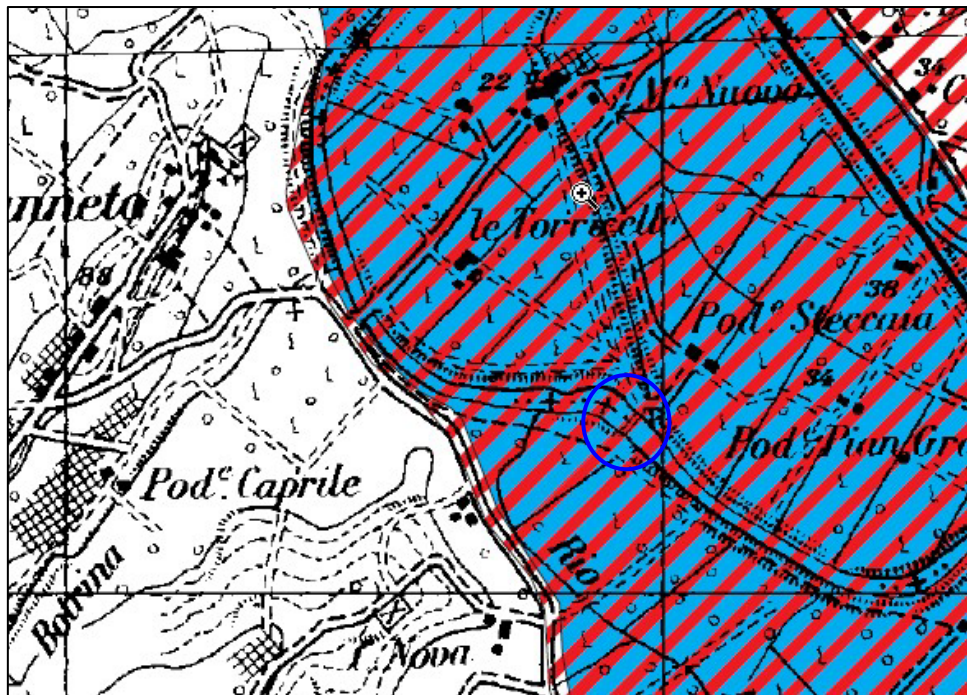


FIG. 16 – CARTA GUIDA DELLE AREE ALLAGATE
(PIANO DI BACINO STRALCIO “RISCHIO IDRAULICO –
BACINO FIUME ARNO – stralcio n.80 fuori scala)



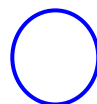
Aree interessate da inondazioni ricorrenti.



Aree interessate da inondazioni eccezionali.

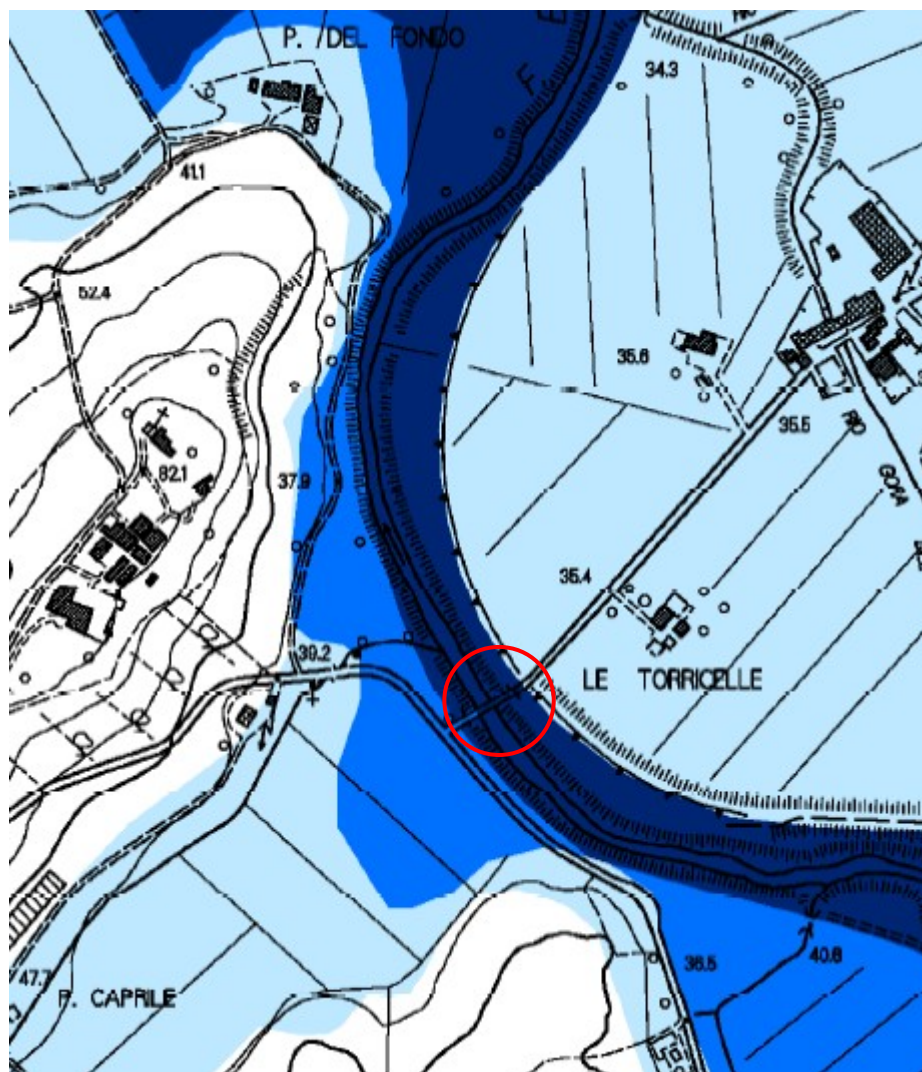


Aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991 - 1992 - 1993.

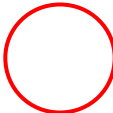


Area di indagine

FIG. 17 – MAPPA DI PERICOLOSITA' IDRAULICA
(PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI BACINO FIUME ARNO – stralcio n.341 fuori scala)



 **P1**  **P2**  **P3**

 Area di indagine



Studio di Geologia
PAOLA PECCANTI
Dott. Geol. Paola Peccianti

Via di Tiglio 1688 | 55100 Lucca | Tel/Fax 0583 935959 | cell. 3471829261 | paolapecianti@yahoo.it | P.E.C. paolapecianti@epap.sicurezza postale.it

PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO IDROELETTRICO SUL FIUME ELSA, IN
LOC. MOLIN NUOVO – COMUNE DI EMPOLI

ALLEGATO 1
INDAGINI IN SITU

ALL. 1: INDAGINI IN SITU:

- PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT1)
- INDAGINE SISMICA MASW;
- MISURA DI RUMORE HVSR





Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. IT12/0149
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e
geofisiche, ambientali, idrometriche"



RELAZIONE TECNICA

Committente: Geol. Paola
Peccianti

Località: Molin Nuovo - Empoli

Data Indagine: 30/05/2014

Codice lavoro: 140530a

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

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

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01966780502

Data elaborazione: 04/06/2014

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01966780502 N. REA PI - 145167

Codifica: PR 7.5 01_08 Rev. 1 del 11/2011

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT1

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica $\varnothing 35.7$ mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7$ mm - h = 133 mm - $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

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

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

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

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

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

CONVERSIONI

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

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

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa $\approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa $\approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

1 kg/cm² = 10 t/m² $\approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ MPa}$

1 t = 1000 kg $\approx 10 \text{ kN}$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

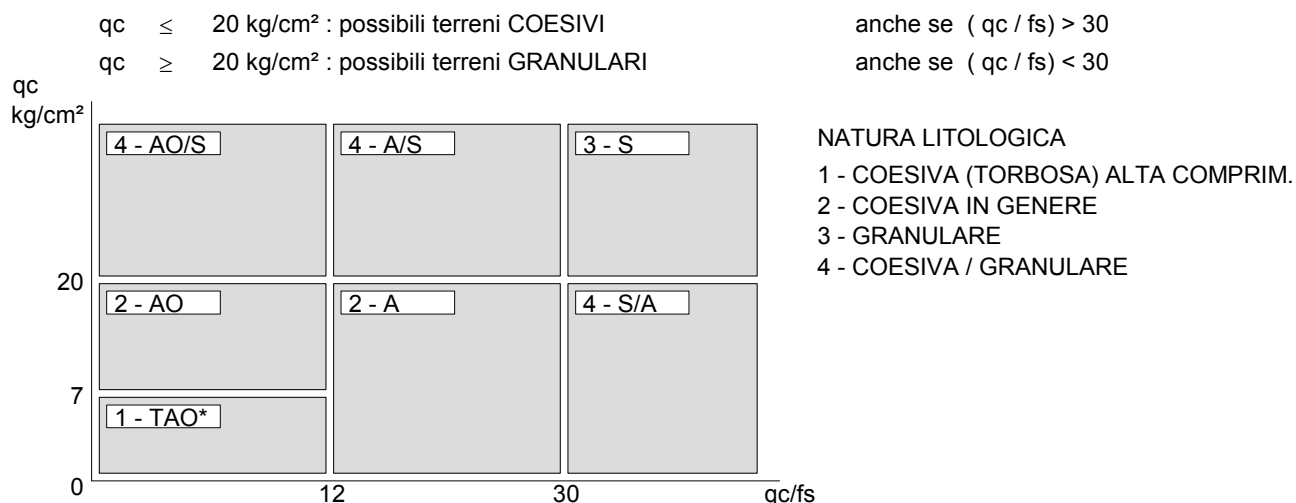
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 - ØCa - Caquot (1948)
 - ØKo - Koppejan (1948)
 - ØDB - De Beer (1965)
 - ØSc - Schmertmann (1978)
 - ØDM - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)
 - ØMe - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Yoshida Motonori 1988)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI						CPT		1	
						riferimento		140530a	
						certificato n°		212/14	
Committente: Geol. Paola Peccianti Cantiere: 140530a Località: Molin Nuovo - Empoli						U.M.: kg/cm² Pagina: 1 Elaborato:		Data esec.: 30/05/2014 Data certificato: 04/06/2014 Falda: Non rilevata	

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0.20	0.0	0	0	0.00	1.20	0									
0.40	100.0	118	0	100.00	3.00	33	3.0								
0.60	53.0	98	0	53.00	2.07	26	3.9								
0.80	34.0	65	0	34.00	0.60	57	1.8								
1.00	30.0	39	0	30.00	1.33	23	4.4								
1.20	60.0	80	0	60.00	1.93	31	3.2								
1.40	80.0	109	0	80.00	1.40	57	1.8								
1.60	58.0	79	0	58.00	0.93	62	1.6								
1.80	47.0	68	0	47.00	1.41	33	3.0								
2.00	44.0	57	0	44.00	0.86	51	2.0								
2.20	46.0	52	0	46.00	1.20	38	2.6								
2.40	49.0	67	0	49.00	1.13	43	2.3								
2.60	29.0	46	0	29.00	1.27	23	4.4								
2.80	28.0	49	0	28.00	1.41	20	5.0								
3.00	27.0	49	0	27.00	0.73	37	2.7								
3.20	45.0	56	0	45.00	1.27	35	2.8								
3.40	52.0	71	0	52.00	1.00	52	1.9								
3.60	50.0	65	0	50.00	0.67	75	1.3								
3.80	30.0	40	0	30.00	0.87	34	2.9								
4.00	29.0	42	0	29.00	0.40	73	1.4								
4.20	16.0	22	0	16.00	0.40	40	2.5								
4.40	25.0	31	0	25.00	0.67	37	2.7								
4.60	23.0	33	0	23.00	0.67	34	2.9								
4.80	17.0	22	0	17.00	0.37	46	2.2								
5.00	9.0	13	0	9.00	0.25	36	2.8								
5.20	5.0	7	0	5.00	0.16	31	3.2								
5.40	7.0	10	0	7.00	0.20	35	2.9								
5.60	9.0	12	0	9.00	0.20	45	2.2								
5.80	11.0	14	0	11.00	0.20	55	1.8								
6.00	7.0	10	0	7.00	0.20	35	2.9								
6.20	8.0	11	0	8.00	0.20	40	2.5								
6.40	9.0	12	0	9.00	0.27	33	3.0								
6.60	8.0	12	0	8.00	0.40	20	5.0								
6.80	8.0	14	0	8.00	0.40	20	5.0								
7.00	16.0	25	0	16.00	0.59	27	3.7								
7.20	18.0	24	0	18.00	0.80	23	4.4								
7.40	18.0	30	0	18.00	0.87	21	4.8								
7.60	14.0	27	0	14.00	0.47	30	3.4								
7.80	12.0	19	0	12.00	0.53	23	4.4								
8.00	11.0	19	0	11.00	0.40	28	3.6								
8.20	13.0	19	0	13.00	0.47	28	3.6								
8.40	10.0	17	0	10.00	0.40	25	4.0								
8.60	13.0	19	0	13.00	0.67	19	5.2								
8.80	14.0	24	0	14.00	0.60	23	4.3								
9.00	13.0	21	0	13.00	0.53	25	4.1								
9.20	17.0	22	0	17.00	0.73	23	4.3								
9.40	15.0	26	0	15.00	0.87	17	5.8								
9.60	15.0	28	0	15.00	0.53	28	3.5								
9.80	15.0	23	0	15.00	0.67	22	4.5								
10.00	13.0	21	0	13.00	0.51	25	3.9								
10.20	8.0	14	0	8.00	0.33	24	4.1								
10.40	8.0	13	0	8.00	0.47	17	5.9								
10.60	8.0	15	0	8.00	0.27	30	3.4								
10.80	37.0	41	0	37.00	0.67	55	1.8								
11.00	11.0	21	0	11.00	0.53	21	4.8								
11.20	14.0	22	0	14.00	0.60	23	4.3								
11.40	10.0	19	0	10.00	0.67	15	6.7								
11.60	10.0	20	0	10.00	0.00	15	0.0								

H = profondità L1 = prima lettura (punta) L2 = seconda lettura (punta + laterale) Lt = terza lettura (totale) CT = 10.00 costante di trasformazione	qc = resistenza di punta fs = resistenza laterale calcolata 0.20 m sopra quota qc F = rapporto Begemann (qc / fs) Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100
---	---

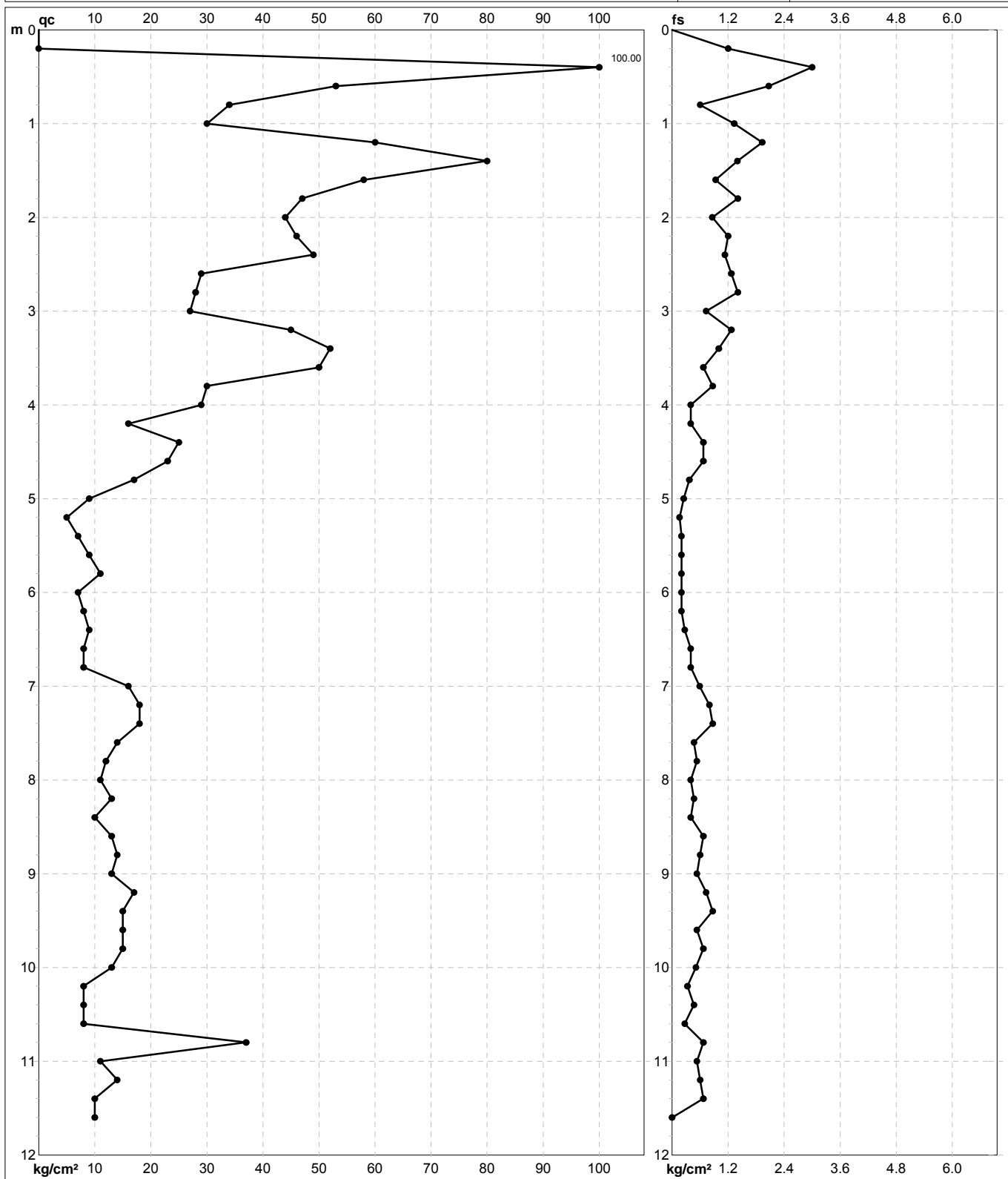
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820	FON059
--	--------

GAIA Servizi S.n.c. - Via Lenin, 132 - 56017San Giuliano Terme (PI) - Tel/Fax 050 9910582 - p.iva 01667250508

Pagina 6 di 9

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	CPT	1
	riferimento	140530a
	certificato n°	212/14

Committente: Geol. Paola Peccianti	U.M.: kg/cm²	Data eseg.: 30/05/2014
Cantiere: 140530a	Scala: 1:60	Data certificato: 04/06/2014
Località: Molin Nuovo - Empoli	Pagina: 1	Quota inizio:
	Elaborato:	Falda: Non rilevata



	Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
	Responsabile: Geol. Jacopo Martini	Corr.astine: kg/ml
	Assistente:	Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

riferimento

140530a

certificato n°

212/14

 Committente: **Geol. Paola Peccianti**

 Cantiere: **140530a**

 Località: **Molin Nuovo - Empoli**

 U.M.: **kg/cm²**

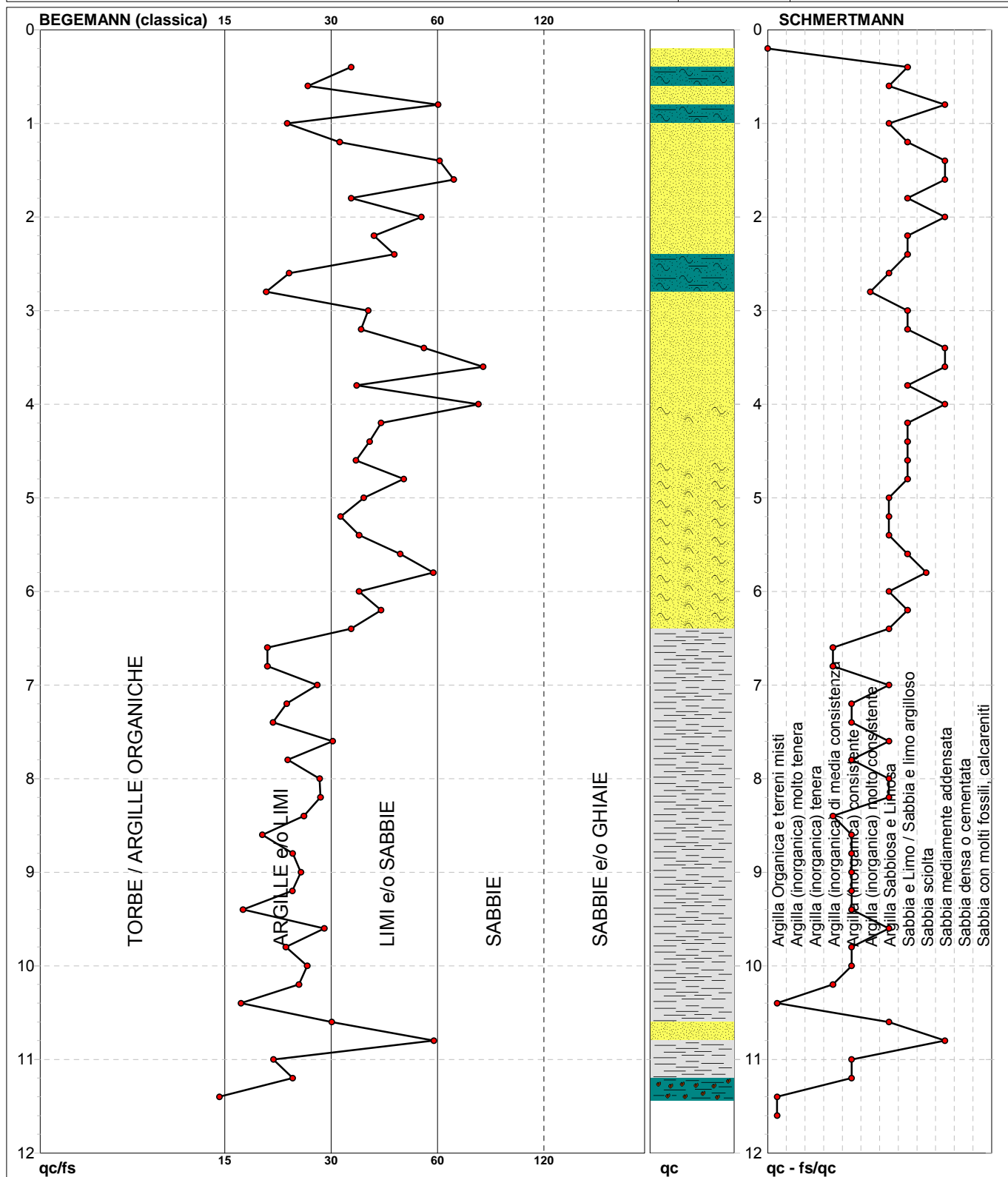
 Scala: **1:60**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data exec.: **30/05/2014**

 Data certificato: **04/06/2014**

 Falda: **Non rilevata**


Torbe / Argille org. :	5 punti, 8.47%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 3.39%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 23.73%
Argille e/o Limi :	27 punti, 45.76%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 6.78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	14 punti, 23.73%
Limi e/o Sabbie :	25 punti, 42.37%	Argilla (inorganica) consistente:	12 punti, 20.34%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1.69%
Sabbie:	3 punti, 5.08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1.69%	Sabbia mediamente addensata:	8 punti, 13.56%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	riferimento	140530a
	certificato n°	212/14

Committente: Geol. Paola Peccianti	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 30/05/2014
Cantiere: 140530a	Pagina: 1	Data certificato: 04/06/2014
Località: Molin Nuovo - Empoli	Elaborato:	Falda: Non rilevata

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ_{Sc} (°)	ϕ_{Ca} (°)	ϕ_{Ko} (°)	ϕ_{DB} (°)	ϕ_{DM} (°)	ϕ_{Me} (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	--	--	3	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	100.00	33.33	3	2.00	0.08	119	--	--	--	--	--	100	42	45	43	40	45	34	--	166.7	250.0	300.0	
0.60	53.00	25.60	4	2.01	0.12	107	1.77	99.9	300.3	450.5	159.0	100	42	40	38	35	43	31	--	88.3	132.5	159.0	
0.80	34.00	56.67	3	1.89	0.15	88	--	--	--	--	--	80	39	37	34	32	40	29	--	56.7	85.0	102.0	
1.00	30.00	22.56	4	1.96	0.19	101	1.00	48.7	170.0	255.0	90.0	71	38	35	32	30	39	29	--	50.0	75.0	90.0	
1.20	60.00	31.09	3	1.93	0.23	122	--	--	--	--	--	90	41	37	35	32	41	32	--	100.0	150.0	180.0	
1.40	80.00	57.14	3	1.97	0.27	134	--	--	--	--	--	96	41	38	35	33	42	33	--	133.3	200.0	240.0	
1.60	58.00	62.37	3	1.93	0.31	125	--	--	--	--	--	82	39	36	33	31	40	31	--	96.7	145.0	174.0	
1.80	47.00	33.33	3	1.91	0.35	122	--	--	--	--	--	72	38	34	31	29	38	31	--	78.3	117.5	141.0	
2.00	44.00	51.16	3	1.91	0.39	108	--	--	--	--	--	67	37	33	30	28	38	31	--	73.3	110.0	132.0	
2.20	46.00	38.33	3	1.91	0.43	125	--	--	--	--	--	66	37	33	30	28	37	31	--	76.7	115.0	138.0	
2.40	49.00	43.36	3	1.92	0.46	127	--	--	--	--	--	66	37	33	30	28	37	31	--	81.7	122.5	147.0	
2.60	29.00	22.83	4	1.96	0.50	112	0.98	14.5	167.1	250.7	87.0	46	34	30	27	25	34	29	--	48.3	72.5	87.0	
2.80	28.00	19.86	4	1.96	0.54	113	0.97	12.9	164.1	246.2	84.0	43	34	29	26	25	33	28	--	46.7	70.0	84.0	
3.00	27.00	36.99	3	1.87	0.58	114	--	--	--	--	--	40	34	29	26	24	33	28	--	45.0	67.5	81.0	
3.20	45.00	35.43	3	1.91	0.62	115	--	--	--	--	--	56	36	31	28	26	35	31	--	75.0	112.5	135.0	
3.40	52.00	52.00	3	1.92	0.66	136	--	--	--	--	--	60	36	31	29	27	36	31	--	86.7	130.0	156.0	
3.60	50.00	74.63	3	1.92	0.69	134	--	--	--	--	--	57	36	31	28	26	35	31	--	83.3	125.0	150.0	
3.80	30.00	34.48	3	1.88	0.73	122	--	--	--	--	--	38	33	28	25	24	32	29	--	50.0	75.0	90.0	
4.00	29.00	72.50	3	1.87	0.77	119	--	--	--	--	--	36	33	28	25	23	32	29	--	48.3	72.5	87.0	
4.20	16.00	40.00	4	1.90	0.81	104	0.70	5.2	221.2	331.7	51.8	14	30	25	21	20	28	27	--	26.7	40.0	48.0	
4.40	25.00	37.31	3	1.86	0.84	116	--	--	--	--	--	28	32	27	23	22	30	28	--	41.7	62.5	75.0	
4.60	23.00	34.33	3	1.86	0.88	117	--	--	--	--	--	25	31	26	23	21	29	28	--	38.3	57.5	69.0	
4.80	17.00	45.95	4	1.91	0.92	106	0.72	4.7	255.9	383.8	54.1	13	30	24	21	20	28	27	--	28.3	42.5	51.0	
5.00	9.00	36.00	4	1.85	0.96	90	0.45	2.4	240.1	360.1	37.8	--	28	21	17	17	25	26	--	15.0	22.5	27.0	
5.20	5.00	31.25	4	1.81	0.99	76	0.25	1.1	149.2	223.7	25.0	--	28	18	14	14	25	25	--	8.3	12.5	15.0	
5.40	7.00	35.00	4	1.83	1.03	91	0.35	1.6	202.3	303.4	32.2	--	28	19	16	15	25	26	--	11.7	17.5	21.0	
5.60	9.00	45.00	4	1.85	1.07	91	0.45	2.1	248.6	372.9	37.8	--	28	20	17	16	25	26	--	15.0	22.5	27.0	
5.80	11.00	55.00	4	1.87	1.10	101	0.54	2.5	282.6	423.9	42.5	--	28	21	18	17	25	26	--	18.3	27.5	33.0	
6.00	7.00	35.00	4	1.83	1.14	92	0.35	1.4	205.1	307.6	32.2	--	28	19	15	15	25	26	--	11.7	17.5	21.0	
6.20	8.00	40.00	4	1.84	1.18	92	0.40	1.6	231.2	346.8	35.2	--	28	19	16	15	25	26	--	13.3	20.0	24.0	
6.40	9.00	33.33	4	1.85	1.21	93	0.45	1.8	256.2	384.3	37.8	--	28	20	16	15	25	26	--	15.0	22.5	27.0	
6.60	8.00	20.00	2	1.86	1.25	93	0.40	1.5	233.2	349.8	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	8.00	20.00	2	1.86	1.29	94	0.40	1.5	234.0	351.1	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	16.00	27.12	2	1.96	1.33	112	0.70	2.8	354.0	531.0	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	18.00	22.50	2	1.98	1.37	112	0.75	3.0	372.1	558.2	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	18.00	20.69	2	1.98	1.41	113	0.75	2.9	378.2	567.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.60	14.00	29.79	2	1.94	1.45	113	0.64	2.3	347.3	521.0	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	12.00	22.64	2	1.92	1.48	106	0.57	1.9	322.8	484.3	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	11.00	27.50	2	1.91	1.52	106	0.54	1.7	308.3	462.5	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	13.00	27.66	2	1.93	1.56	106	0.60	1.9	341.2	511.8	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	10.00	25.00	2	1.90	1.60	96	0.50	1.5	292.3	438.4	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.60	13.00	19.40	2	1.93	1.64	107	0.60	1.8	344.5	516.8	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.80	14.00	23.33	2	1.94	1.68	115	0.64	1.9	360.6	540.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	13.00	24.53	2	1.93	1.71	108	0.60	1.7	347.4	521.1	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.20	17.00	23.29	2	1.97	1.75	116	0.72	2.1	402.2	603.3	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.40	15.00	17.24	2	1.95	1.79	117	0.67	1.8	379.4	569.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.60	15.00	28.30	2	1.95	1.83	117	0.67	1.8	380.9	571.4	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.80	15.00	22.39	2	1.95	1.87	117	0.67	1.7	382.3	573.5	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.00	13.00	25.49	2	1.93	1.91	109	0.60	1.5	352.9	529.4	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.20	8.00	24.24	2	1.86	1.95	99	0.40	0.9	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.40	8.00	17.02	2	1.86	1.98	99	0.40	0.8	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.60	8.00	29.63	2	1.86	2.02	100	0.40	0.8	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.80	37.00	55.22	3	1.89	2.06	130	--	--	--	--	--	20	31	24	21	20	27	30	--	61.7	92.5	111.0	
11.00	11.00	20.75	2	1.91	2.10	111	0.54	1.1	319.8	479.7	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.20	14.00	23.33	2	1.94	2.14	119	0.64	1.4	374.1	561.2	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.40	10.00	14.93	2	1.90	2.17	101	0.50	1.0	300.0	450.0	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.60	10.00	--	3	1.83	2.21	101	--	--	--	--	--	--	28	17	14	13	25	26	--	16.7	25.0	30.0	



Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. IT12/0149
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e
geofisiche, ambientali, idrometriche"



RELAZIONE TECNICA

Committente: Geol. Paola
Peccianti

Località: Molin Nuovo - Empoli

Data Indagine: 30/05/2014

Codice lavoro: 140530a

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

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

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 04/06/2014

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

Sommario

PREMESSA.....	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR.....	4
GENERALITA'	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR	7
INDAGINI MASW	10
GENERALITA'	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	11
INDAGINI EFFETTUATE	12
ELABORAZIONE DEI DATI	13
ANALISI CONGIUNTA MASW/HVSR	17
CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008).....	19

PREMESSA

Per incarico del Geol. Paola Peccianti, sono state eseguite indagini geofisiche in Località Molin Nuovo, nel Comune di Empoli.

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

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

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

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

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

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

INDAGINE SISMICA MASW INDAGINI SISMICHE HVSR

Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

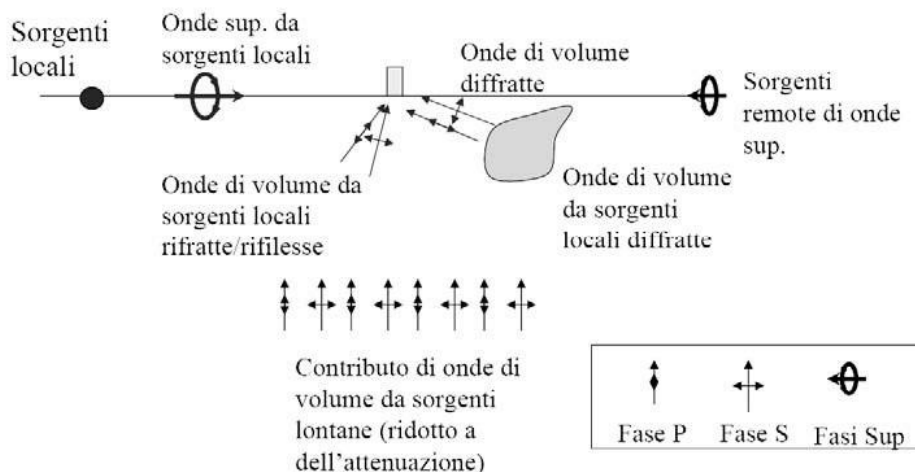


Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

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

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

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

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

INDAGINE SISMICA MASW INDAGINI SISMICHE HVSR

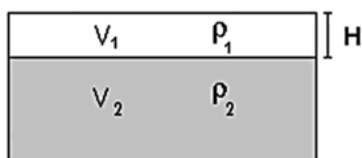
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

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

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

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

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

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

ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

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

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

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

INDAGINE SISMICA MASW
INDAGINI SISMICHE HVSR

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

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

HVSR_1

Dataset: MT_20140530_112013.SAF

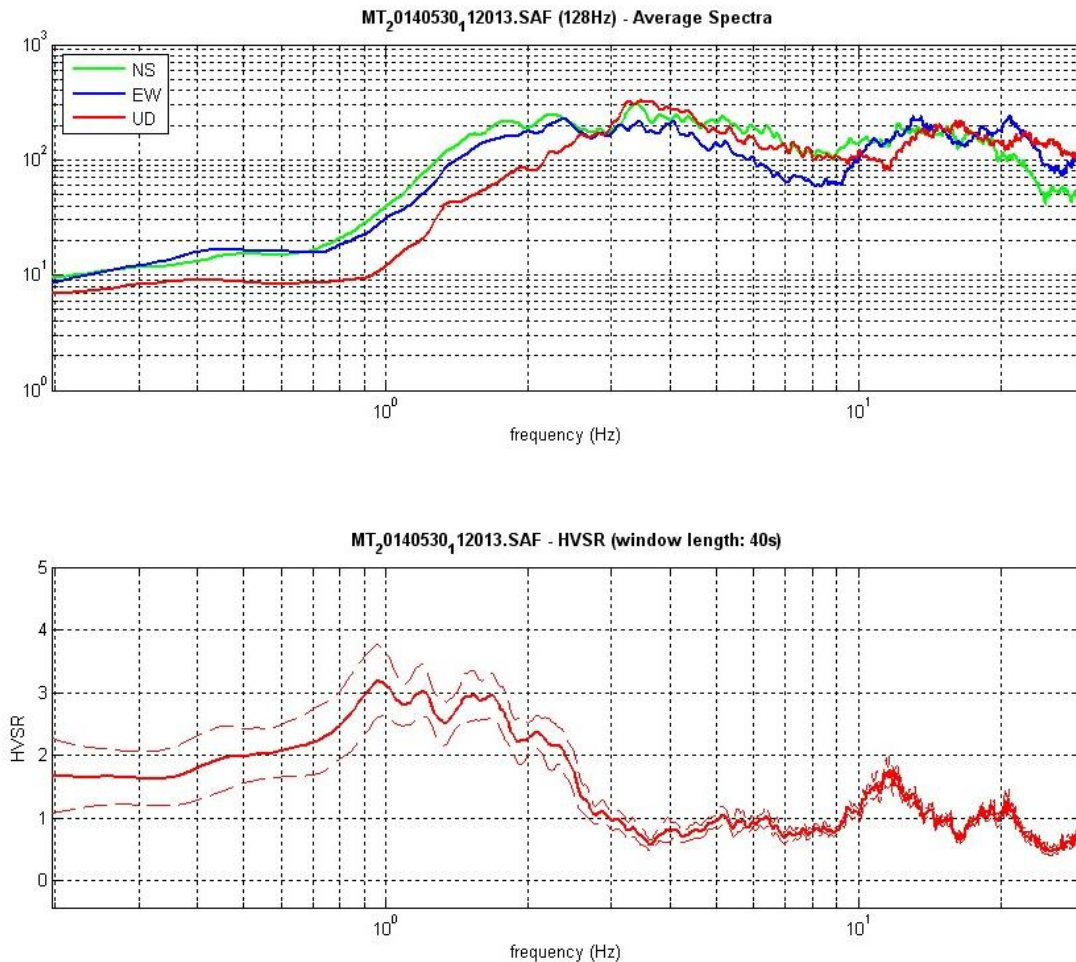
Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 40

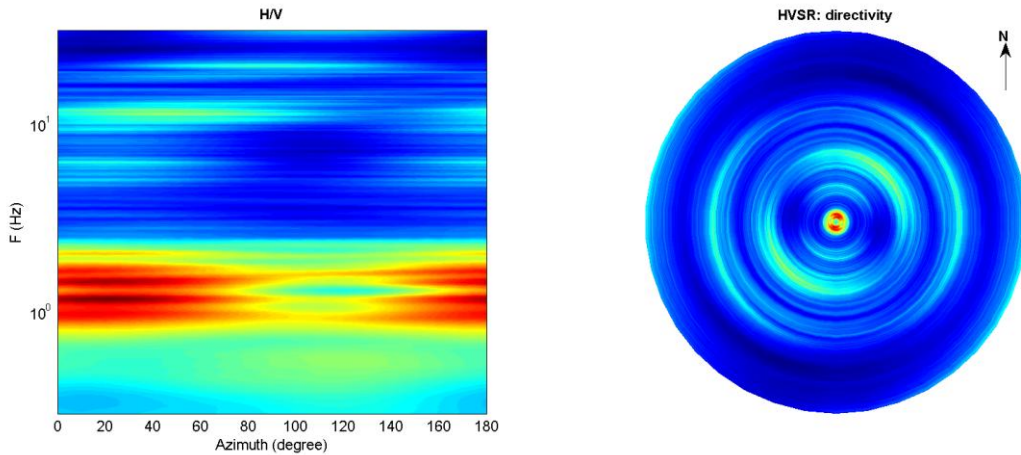
Length of analysed temporal sequence (min): 10.8

Tapering (%): 0

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



DIREZIONALITA' H/V



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

Peak frequency (Hz): 1.0

Peak HVSR value: 3.2

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

- #1. [$f_0 > 10/L_w$]: $1.0 > 0.25$ (OK)
- #2. [$nc > 200$]: $1221 > 200$ (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$]: (NO)
- #2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 2.5Hz (OK)
- #3. [$A_0 > 2$]: $3.2 > 2$ (OK)
- #4. [$f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)
- #5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: $0.322 > 0.148$ (NO)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.567 < 2$ (OK)

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

INDAGINI MASW

GENERALITA'

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

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

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

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

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

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

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

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

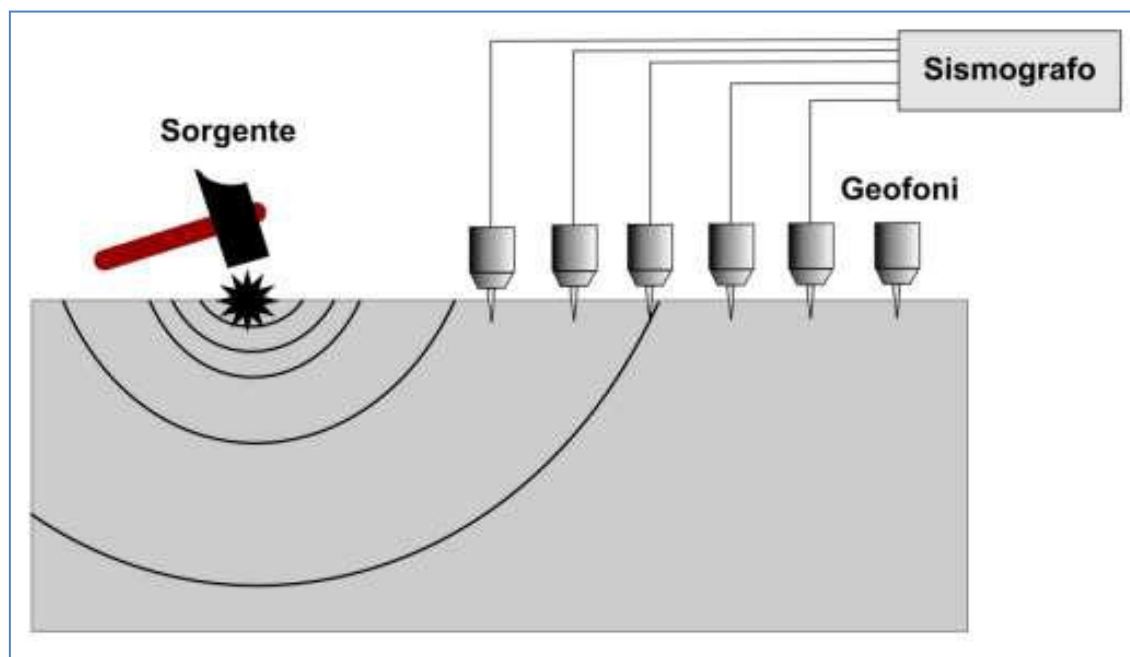


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2002* a 16 bit.

Come sorgente energizzante è stato utilizzato un grave di 80 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Sono stati utilizzati 24 geofoni verticali Geospace Oyo con frequenza propria di 4.5 Hz.

INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh.

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
Coordinate Gauss-Boaga del centro dello stendimento	1654931 ; 4836118
Orientazione	N350
N° geofoni	24 (verticali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	2 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 7m
Sorgente	massa battente da 80kg



Figura 3: Stendimento sismico MASW1

ELABORAZIONE DEI DATI

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

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

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEGY)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione e il picking della curva di dispersione
4. inversione delle curve di dispersione per individuare i profili di velocità delle onde di taglio

L' inversione delle curve di dispersione avviene a partire da un modello di partenza precedentemente individuato, la cui curva di dispersione risulta in accordo con lo spettro di velocità osservato corretto sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche del sito note a priori.

La ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad una solida tecnica di ottimizzazione che si rifà ai cosiddetti algoritmi genetici che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In figura 5 sono riportate diverse informazioni: in alto a sinistra sono presentati i dati osservati, la curva del modello "migliore" e quella del modello medio (molto spesso le due curve sono sovrapposte e quindi indistinguibili); poco più in basso il "grafico *misfit*-generazione", il quale dà evidenza del miglioramento del modello al procedere delle generazioni; sulla destra il profilo verticale della VS in funzione della profondità.

I modelli presentati come soluzione sono due: il modello "migliore" (*fittest model*) in termini di minor *misfit*, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata e un modello medio (*mean model*) calcolato secondo un'operazione statistica nota come MPPD (*Marginal Posterior Probability Density - "Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation"* – Dal Moro et al., 2006). I due modelli solitamente non differiscono in modo significativo; ad ogni modo si ritiene preferibile prendere come risultato finale il modello medio (*mean model*).

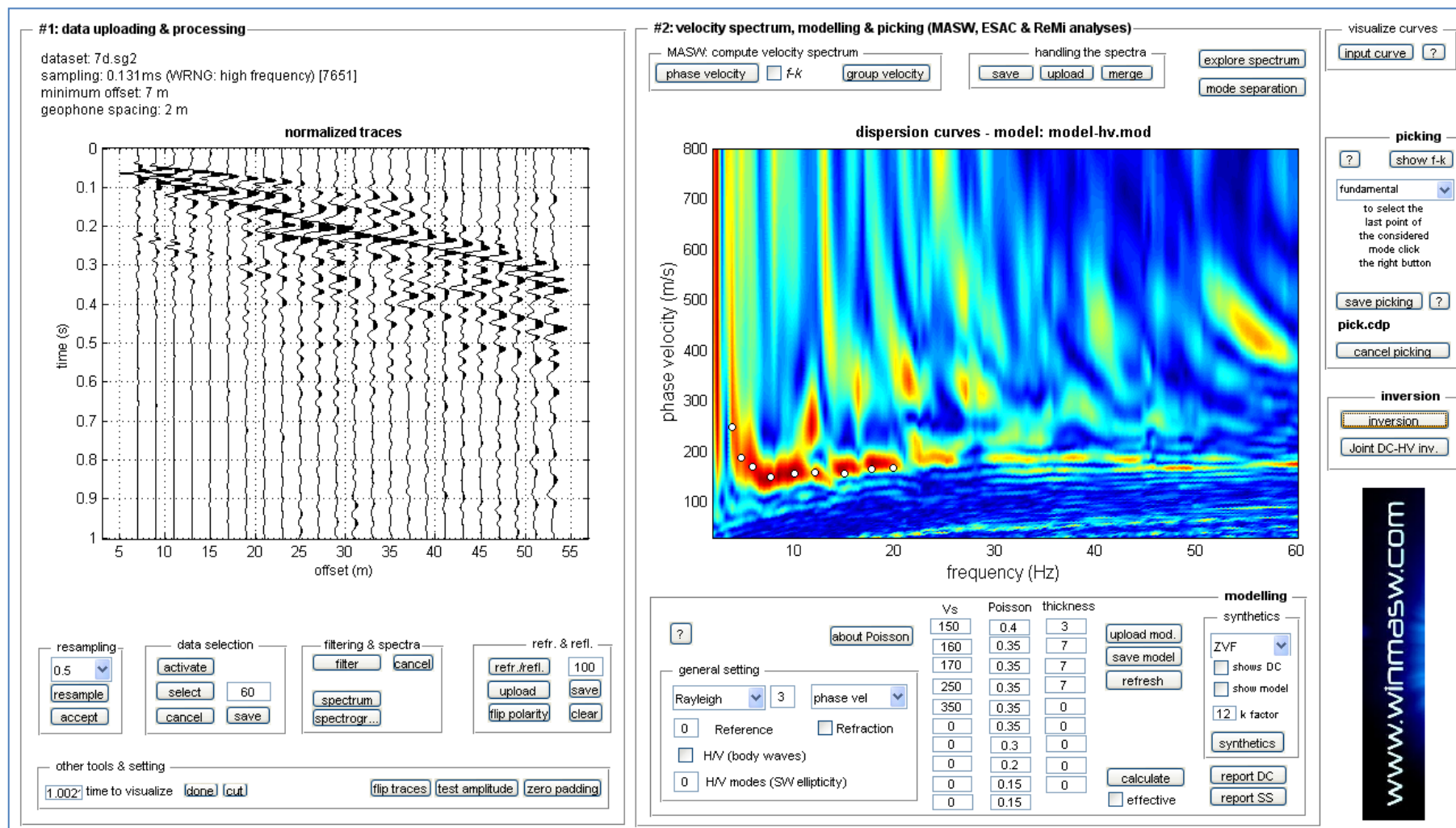


Figura 4: Indagine MASW: Sismogramma, spettro di velocità, curva di dispersione piccata (off-set 7m su G1)

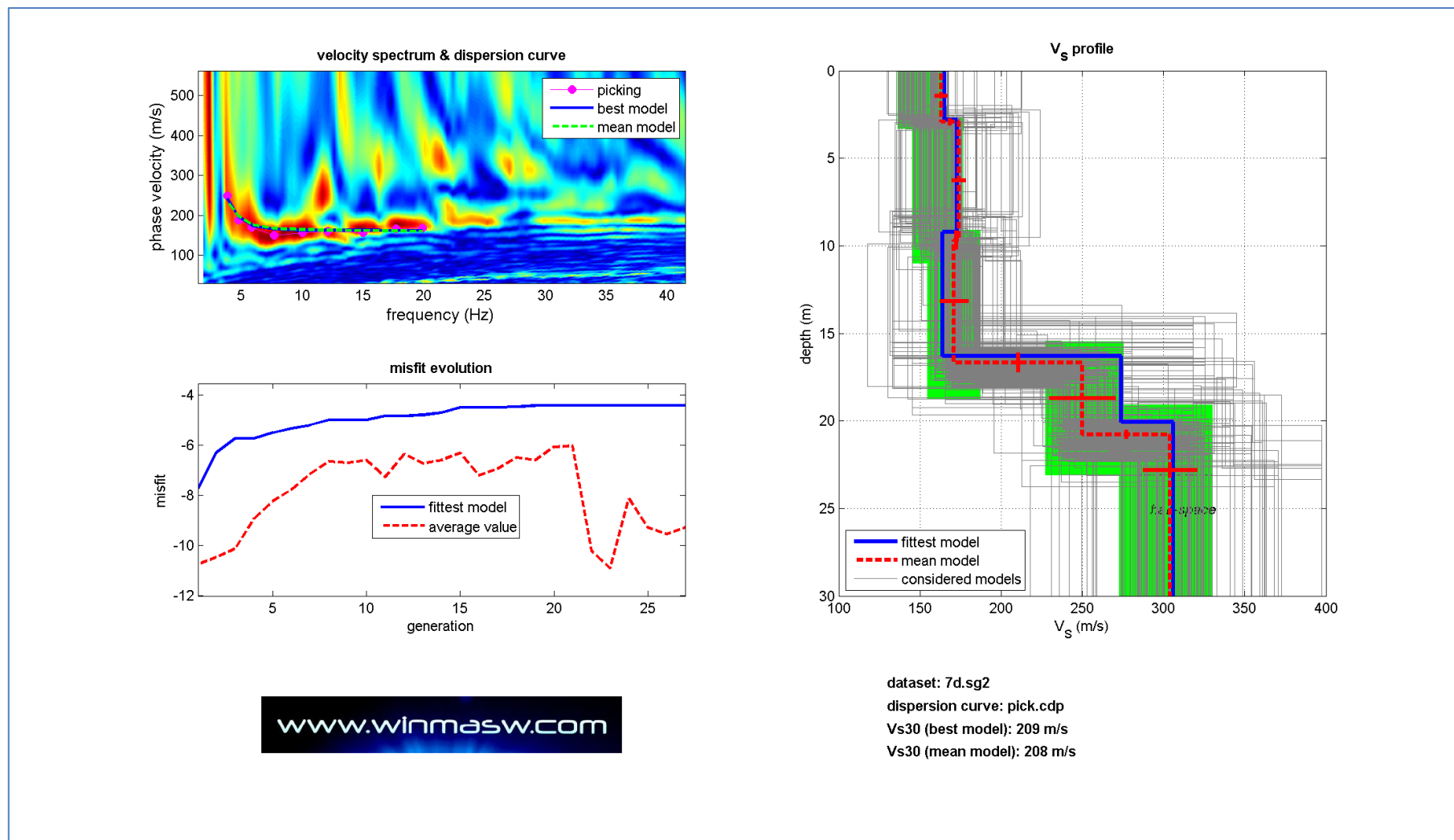


Figura 5: *Indagine MASW*: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione; profilo verticale V_s identificato; grafico *misfit-generazione* (off-set 7m su G1)

INDAGINE SISMICA MASW
INDAGINI SISMICHE HVSR

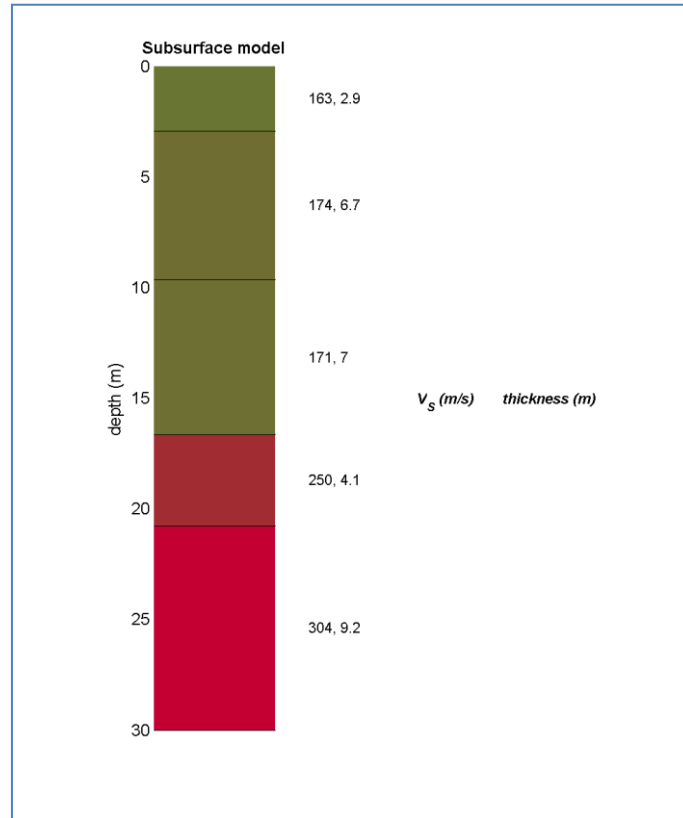


Figura 6: Indagine MASW: Profilo verticale della VS sino a 30m.

Modello medio

V_s (m/s): 163, 174, 171, 250, 304

Standard deviations (m/s): 4, 4, 9, 20, 16

Thickness (m): 2.9, 6.7, 7.0, 4.1

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.5, 0.5, 0.2

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.08, 1.99, 1.92, 2.00, 2.08

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 55 60 56 125 192

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: pick.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson

V_p (m/s): 1112, 768, 571, 796, 1099

Poisson: 0.49 0.47 0.45 0.45 0.46

V_{s30} (m/s): 208

ANALISI CONGIUNTA MASW/HVSR

Il Programma winMASW consente di modellare il rapporto spettrale H/V sia dalle onde di corpo (Herak, 2008) che dalle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009).

La curva H/V dipende dai valori della VS e spessori, dai valori dei fattori di qualità (Q), dalle onde di Rayleigh e Love, dal numero di modi da utilizzare, da una certa componente legata alle onde di corpo ecc.

Modellare un H/V può rivelarsi allora una cosa piuttosto complessa e ricavare le VS avendo a disposizione solamente una curva H/V è piuttosto “arduo” ma risulta altresì estremamente utile sfruttare la sensibilità delle curve H/V rispetto la profondità di taluni orizzonti quando le VS della parte più superfiale sono note da misure MASW.

L’approccio quindi suggerito è di analisi congiunta curve di dispersione derivanti da misure MASW e curve H/V, avendo cura di far coincidere il più fedelmente possibile le curve di dispersione del modello con i segnali dello spettro di velocità e fare contestualmente coincidere la frequenza (trattando con non troppa testardaggine e rigore l’ampiezza) del principale picco della curva H/V (quello che tipicamente è legato al più profondo contatto litologico “significativo”).

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

L’inversione congiunta dei dati è stata quindi svolta considerando la dispersione delle onde di superficie e la curva HVSR.

Il risultato è sintetizzato in Figura 7 dove in alto è riportato il Profilo verticale della VS e in basso sono riportate in verde le misure HVSR effettuate e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009) e tramite le onde di corpo in blu.

Il modello è chiaramente lo stesso usato per la modellazione della dispersione delle onde di superficie.

INDAGINE SISMICA MASW INDAGINI SISMICHE HVSR

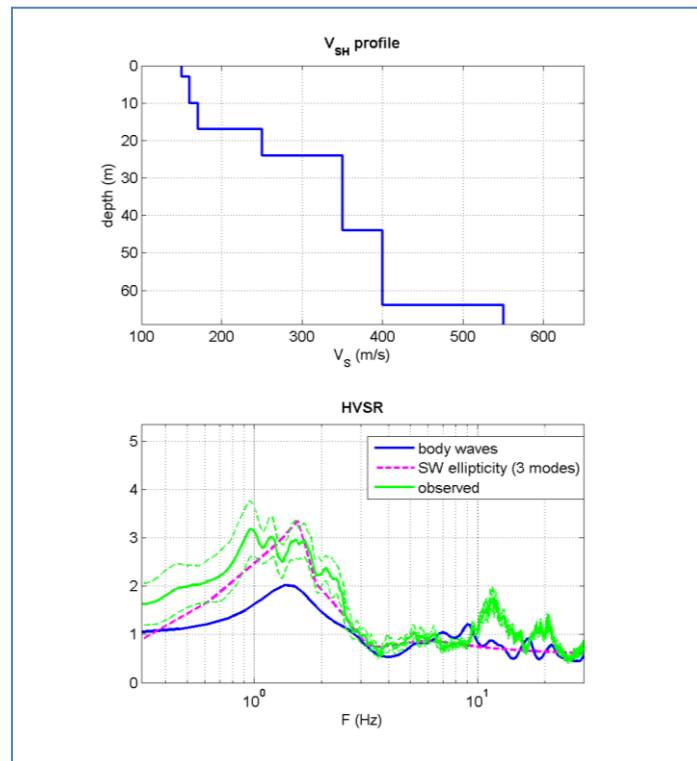


Figura 7: *Elaborazione congiunta: Profilo verticale della Vs - Curva HVSR misurata (verde) e modellata (blu e Viola)*

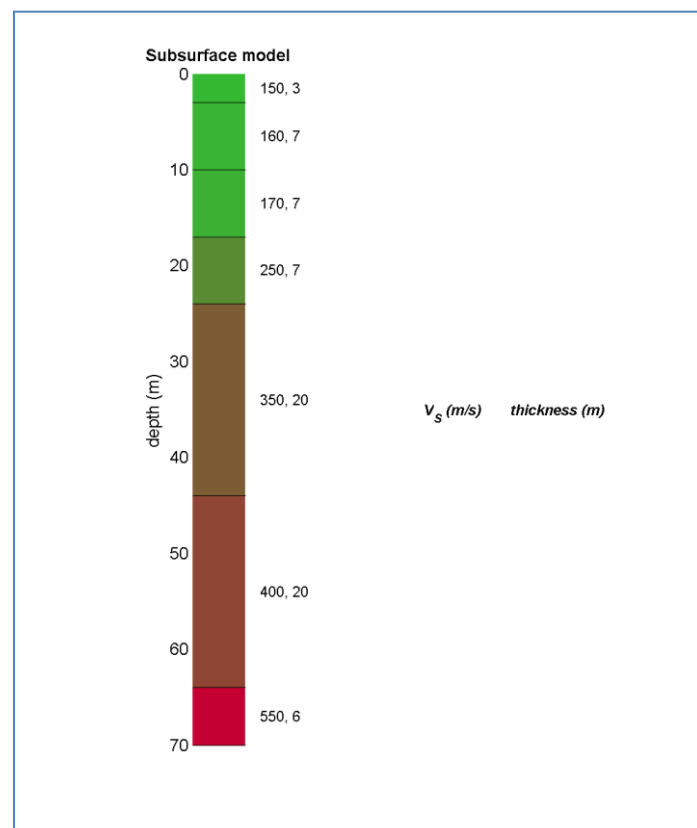


Figura 8: *Elaborazione congiunta MASW e HVSR: Profilo verticale della Vs.*

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 V_{sh} 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 V_{s30} (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 V_{s30} 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 V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C) Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec ($15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D) Depositati 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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u,30 < 70$ 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 $V_s > 800$ 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 – Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_u,30 < 20$ 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 – Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, non classificabile nei tipi precedenti.

INDAGINE SISMICA MASW
INDAGINI SISMICHE HVSR

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:

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

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)

L'esatta attribuzione ad una specifica categoria di sottosuolo per il sito indagato deve essere accompagnata e valutata in base a considerazioni di carattere litologico, basate sulle conoscenze geologiche del sito.

San Giuliano Terme (PI),
4 giugno 2014

GAIA Servizi S.n.c.
Dott. Jacopo Martini

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



Studio di Geologia

PAOLA PECCIANTI

Dott. Geol. Paola Peccianti

Via di Tiglio 1688 | 55100 Lucca | Tel/Fax 0583 935959 | cell. 3471829261 | paolapecianti@yahoo.it | P.E.C. paolapecianti@epap.sicurezzapostale.it

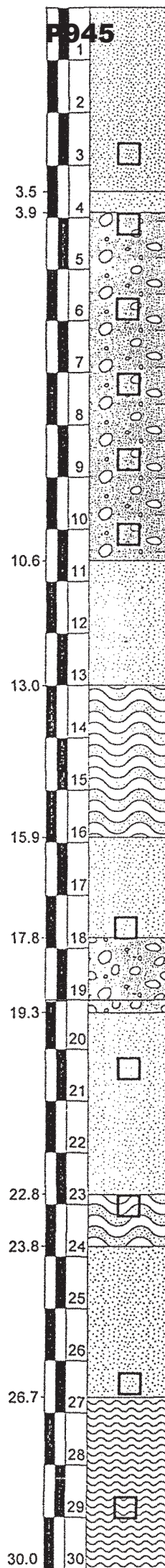
PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO IDROELETTRICO SUL FIUME ELSA, IN
LOC. MOLIN NUOVO – COMUNE DI EMPOLI

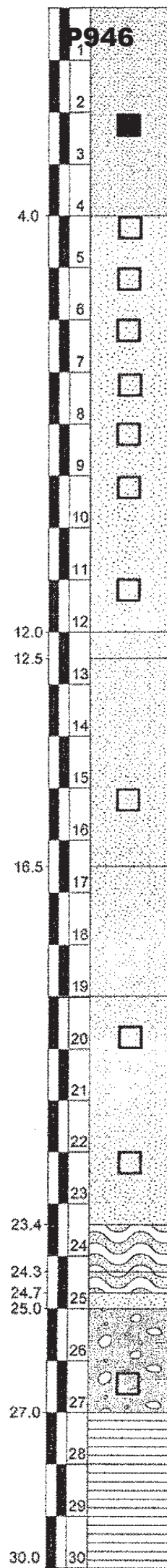
ALLEGATO 2
INDAGINI DI RIFERIMENTO (PS EMPOLI)

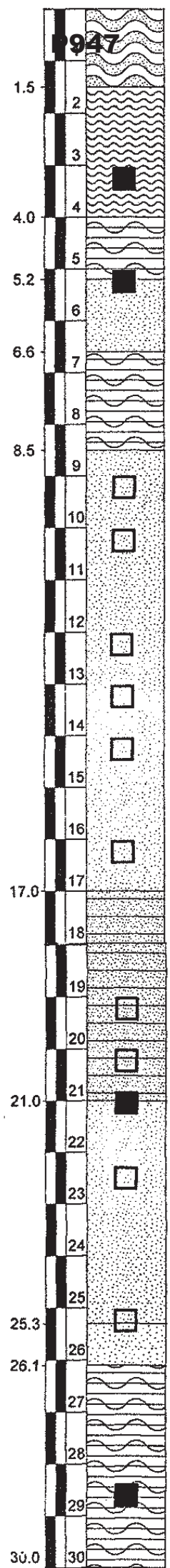
ALL. 2: INDAGINI DI RIFERIMENTO (PS EMPOLI):

- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P945
- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P946
- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P947
- STRATIGRAFIA SONDAGGIO P948
- STRATIGRAFIA POZZO P284 (POZZO N.33)

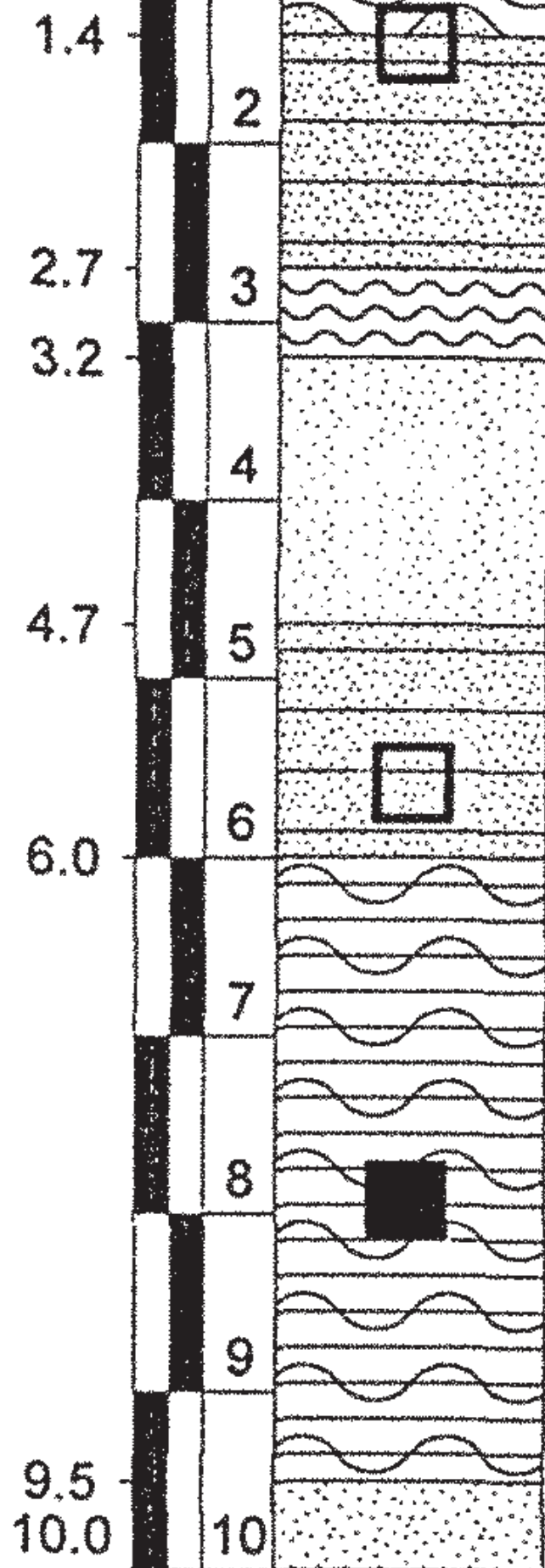








P948



NIATESE POZZI SNC
 15 C. Bini, 2
 56028 San Miniato Basso (PI)
 Tel. 0571 - 43439/42797

CLIENTE _____
 LOC. di ESECUZIONE MOLIN NUOVO
 SISTEMA ADOTTATO PERCUSSIONE
 CANTIERE IMP. _____
 CAPOCANTIERE _____
 INIZIO LAVORI _____
 FINE LAVORI _____

1			ARGILLA GIALLA			
2						
3						
4	4					
5	5		SABBIA GIALLA			
6			ARGILLA TENERA			
7	7					
8						
9			ARGILLA COMPATTA			
10						
11	11					
12			LITTO			
13	13					
14						
15						
16						
17			ARGILLA CELESTE			
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25	25					
26			LITTO			
27	27					
28			SABBIA			
29	29					
30	30		GHIAIA			
31	31		ARGILLA CELESTE			
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						