

STUDIO PANICIERI

Geologia Tecnica ed Ambientale

di Dott. Geol. Paolo Panicieri

Via Matteotti n° 9, 43035 FELINO (Parma)

**PROVINCIA DI PARMA
COMUNE DI LESIGNANO DE' BAGNI
Capoluogo**

**ISTANZA DI EDIFICAZIONE LOTTO GIA'
RICOMPRESO NELL'AMBITO DR5**

Richiedente:
Sig. Mari Ettore

**RELAZIONE DI FATTIBILITA'
GEOLOGICA**

INDICE

| | |
|---|----------------|
| <i>Premessa</i> | <i>pag. 3</i> |
| 1. <i>Inquadramento geografico</i> | <i>pag. 4</i> |
| 2. <i>Geomorfologia ed idrografia di superficie</i> | <i>pag. 5</i> |
| 3. <i>Inquadramento geologico</i> | <i>pag. 8</i> |
| 4. <i>Riclassificazione sismica del territorio nazionale</i> | <i>pag. 9</i> |
| 5. <i>Macrozonazione sismica regionale</i> | <i>pag. 11</i> |
| 5.1 <i>Inquadramento geologico regionale</i> | <i>pag. 11</i> |
| 5.2 <i>Strutture attive dell'Emilia - Romagna</i> | <i>pag. 13</i> |
| 5.3 <i>Sismicità regionale</i> | <i>pag. 14</i> |
| 5.4 <i>Classificazione dei Comuni dell'Emilia – Romagna e sismicità storica</i> | <i>pag. 15</i> |
| 6. <i>Indagine geognostica</i> | <i>pag. 20</i> |
| 6.1 <i>Prove penetrometriche statiche</i> | <i>pag. 20</i> |
| 6.2 <i>Acquisizione Masw</i> | <i>pag. 21</i> |
| 7. <i>Assetto litostratimetrico</i> | <i>pag. 22</i> |
| 8. <i>Modello geologico</i> | <i>pag. 22</i> |
| 9. <i>Risposta sismica locale</i> | <i>pag. 25</i> |
| 10. <i>Conclusioni</i> | <i>pag. 27</i> |

Allegati

Premessa

Il presente studio di fattibilità geologica, redatto su incarico del Richiedente Sig. Ettore Mari al fine di valutare sia gli aspetti geolitologici e idromorfologici che la pericolosità sismica locale dell'areale oggetto di istanza di variante al P.S.C. comunale in ordine alla richiesta di edificazione in corrispondenza di un lotto già inserito nell'Ambito DR5 (Ambito di trasformazione per insediamenti a prevalente funzione residenziale) soggetto a P.U.A., è stato effettuato in ottemperanza a quanto previsto dai seguenti riferimenti normativi:

- L.R. 07 dicembre 1978 n. 47 "Tutela ed uso del territorio" e s.m.i;
- Circolare Regionale 11 febbraio 1983 n. 1288 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali";
- L.R. 24 marzo 2000 n. 20 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio";
- Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Ordinanza P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- D.M. 14.01.2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" e ss.mm.ii.;
- L.R. 30 ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico";
- Legge Regionale n. 6 del 2009 "Governo e riqualificazione solidale del territorio";
- Circolare Regione Emilia – Romagna Reg. PG/2010/23900 del 01/02/2010 "Indicazioni illustrative delle innovazioni in materia di governo del territorio introdotte dai Titoli I e II della L.R. n. 6 del 2009";
- D.G.R. 21 Dicembre 2015 n. 2193 "Art. 16, comma 1 della L.R. 20/2000 – Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato *Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia – Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*, di cui alla deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112;
- L.R. 21 dicembre 2017, n. 24 "Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio";

- D.M. 17.01.2018 “Aggiornamento delle *Norme Tecniche per le Costruzioni*”;
- D.G.R. 29 Aprile 2019 n. 630 “*Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)*”.

Il parere di fattibilità geologica espresso per il lotto in esame è stato formulato tenendo conto sia di quanto emerso nel corso dei sopralluoghi effettuati sia di dati stratigrafici e sismici acquisiti con indagini geognostiche appositamente eseguite sia di quanto riportato nella sottostante cartografia:

- elaborati cartografici P.T.C.P.;
- elaborati cartografici del P.S.C.;
- Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti 199SE Langhirano in scala 1:25.000 del P.G.R.A. della R.E.R.;
- Cartografia Geologica della Regione Emilia – Romagna;
- Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e 1:5.000.

Per quanto concerne la pericolosità sismica che caratterizza l'areale in esame, la valutazione dei possibili effetti attesi e, quindi, di eventuali fenomeni locali di amplificazione sismica è stata effettuata facendo riferimento alla già citata D.G.R. 29 Aprile 2019 n. 630 “*Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)*”.

Si precisa che il parere di fattibilità geologica espresso nel presente elaborato non è da considerarsi sostitutivo a specifici studi geologico – geotecnici che dovranno essere eseguiti, ai sensi della normativa vigente in materia (Decreto Ministeriale 17.01.2018), nel corso della successiva fase di progettazione per l'esecuzione.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'Ambito DR5 è ubicato nell'estrema periferia centro – orientale dell'abitato di Lesignano dé Bagni, nella fascia di terreni compresa fra la Strada Provinciale 16 “degli Argini”, ad Ovest, e la Strada del Masdone che ne costituisce pressochè la totalità del limite orientale e di monte; più nel dettaglio, il lotto oggetto di studio appartiene all'estrema parte centro - orientale del succitato Ambito.

Dal punto di vista geografico, i terreni in esame sono inseriti nella Sezione 199160 "Langhirano" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 (Allegato 1) e sono catastalmente censiti alla particella n. 228 del foglio n. 14 del Catasto del Comune di Lesignano dé Bagni (Allegato 2).

2. GEOMORFOLOGIA ED IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

Il lotto di proprietà del Sig. Ettore Mari è ubicato alla sommità del versante orientale del rilievo collinare il cui crinale costituisce, localmente con andamento SW – NE, lo spartiacque tra la valle del T. Parma, a NW, e quella del T. Masdone a SE; dal punto di vista geomorfologico, la parte di versante in esame, totalmente priva di segni significativi di dissesto, è contraddistinta dalla presenza di un declivio degradante verso valle, con debolissimo gradiente (circa 5÷7%), in direzione Nord – Ovest.

La quota media è pari a m. 287 s.l.m..

Si precisa che, immediatamente ad Est ed a valle del tracciato di Strada del Masdone che, come in precedenza esposto, costituisce localmente il confine orientale dell'Ambito DR5, il versante sud - orientale del predetto rilievo collinare è interessato dalla presenza di diffusi fenomeni calanchivi i quali, tuttavia, proprio in corrispondenza dell'area di proprietà Sig. Mari, presentano caratteristiche tali da escludere una loro attività essendo totalmente rinverditi come evidenziato nella seguente sequenza di immagini satellitari (fotografie da n. 1 a n. 4) tratte da GoogleEarth® (dal 03/09/2001 fino al 25/04/2018, ultima immagine disponibile sul sito).



Foto n. 1: ripresa 03/06/2001



Foto n. 2: ripresa 03/09/2009



Foto n. 3: ripresa 12/03/2014



Foto n. 4: ripresa 25/04/2018

Le buone condizioni di stabilità del versante sul quale insiste l'Ambito DR5 e dell'areale di proprietà Sig. Mari in particolare nonché la presenza dei fenomeni calanchivi in precedenza citati trovano conferma nella cartografia tematica del P.T.C.P. Tav. C.2 – “Carta del dissesto” Sezione 199160 Variante Specifica di Aggiornamento 2013 - 2014, di cui si allega stralcio (Allegato 3), dalla cui consultazione emerge l'assenza di elementi di pericolosità geomorfologica a carico dell'area in esame; tale asserzione trova conferma anche nella Tav. P3a “Rispetti e

limiti all'edificazione" del P.S.C. nella quale i terreni in esame non rientrano nella perimetrazione relativa ad alcun ambito interessato da rischi naturali.

Escludendo i torrenti in precedenza citati che, date la distanza e, soprattutto, le differenze di quota esistenti, non possono interferire negativamente dal punto di vista idraulico con il lotto in esame, come evidenziato sia nella predetta Tav. P3a del P.S.C. che nella Tav. C.1.12 "Tutela ambientale, paesistica e storico – culturale" del P.T.C.P., l'idrografia di superficie della zona è unicamente costituita da fossi di scolo e dalle opere idrauliche di urbanizzazione delle vicine aree edificate.

Si precisa che quanto cartografato nella Tav. C.1.12 del P.T.C.P. di cui sopra evidenzia l'appartenenza dei terreni oggetto di studio alla "Zona di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei".

A completamento di quanto in precedenza esposto in merito al rischio idraulico, si precisa che alla zona comprendente i terreni oggetto di studio non vengono attribuiti scenari di pericolosità nella *Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti* 199SE - Langhirano in scala 1:25.000 del P.G.R.A. Distretto Padano della R.E.R. riferita sia all'Ambito Reticolo Naturale Principale e Secondario che all'Ambito Reticolo Secondario di Pianura (corsi d'acqua secondari di pianura gestiti da Consorzi di bonifica e irrigui nella medio – bassa pianura padana).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Secondo quanto riportato nella Cartografia Geologia della Regione Emilia – Romagna, della quale si allega stralcio ridisegnato in scala 1:5.000 in allegato 4, i terreni presenti nella zona comprendente l'areale in esame appartengono a depositi marini ascrivibili alla formazione delle Argille Varicolori della Val Samoggia litologicamente costituita da argille nerastre, localmente rosse e verdastre, intercalate a sottili livelli di arenarie fini e medie grigio - scure e violacee ed a calcari micritici silicizzati grigio - verdastrati con patine manganesifere. Una coltre detritica di genesi eluvio - colluviale e di natura argilloso – limosa inglobante elementi lapidei poligenici ed eterometrici a spessore variabile ricopre la Formazione in posto.

4. RICLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE

Le mappe riportate nelle figure sottostanti, di cui all'OPCM n° 3274, mostrano

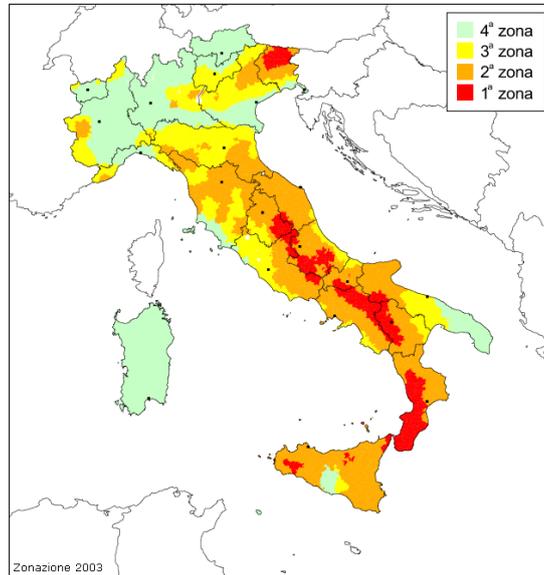


Fig. 1: mappa delle zone sismiche

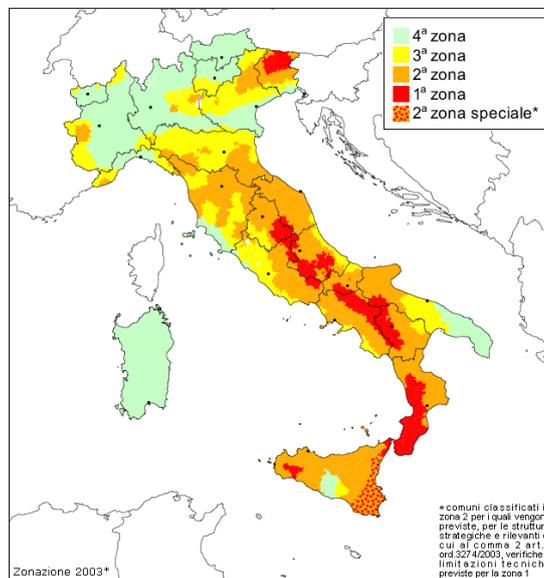


Fig. 2: zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a Marzo 2004)

come il territorio nazionale sia stato suddiviso in quattro “**zone sismiche**” ciascuna individuata da una specifica classe di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni secondo lo schema seguente:

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni (Ag/g) | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g) |
|------|---|---|
| 1 | $Ag/g > 0,25$ | 0,35 |
| 2 | $0,15 < Ag/g \leq 0,25$ | 0,25 |
| 3 | $0,05 < Ag/g \leq 0,15$ | 0,15 |
| 4 | $< 0,05$ | 0,05 |

In figura 3 è riportata la distribuzione sul territorio nazionale del parametro a_{max} con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

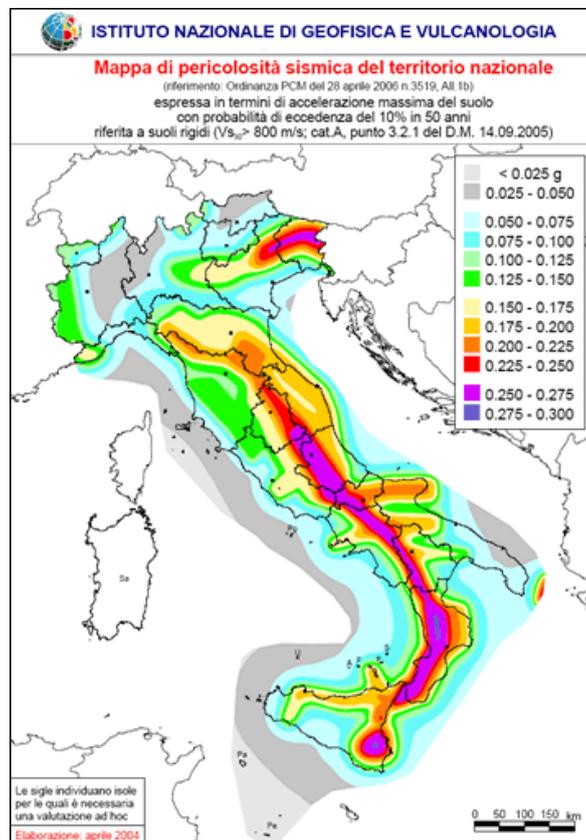


Fig. 3: mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Come da bibliografia esistente, la superficie di territorio nazionale attribuibile alla **Zona 4** ($a_{max} < 0.050g$) è pari al **15% circa** (Sardegna compresa); tale percentuale può raggiungere, al massimo, il 28% circa con il pieno utilizzo della fascia di tolleranza 0.050g – 0.075g.

Viene associato alla **Zona 1** ($a_{max} > 0.250g$) il **7% circa** della superficie di territorio nazionale che può arrivare al 12% circa con il pieno utilizzo della fascia di

tolleranza 0.225g – 0.255g; il rimanente **60%** del territorio è suddiviso fra le **Zone 2 e 3**.

5. MACROZONAZIONE SISMICA REGIONALE

5.1 Inquadramento geologico regionale

Il territorio regionale è formato dal versante padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a Sud del fiume Po.

Pur essendo due ambienti geomorfologici ben distinti, l'Appennino settentrionale e la Pianura Padana sono strettamente correlati; il fronte della catena appenninica, infatti, non coincide con il limite morfologico catena – pianura (margine appenninico – padano) ma con gli archi esterni delle pieghe emiliane e ferraresi sottostanti i sedimenti Quaternari padani (si veda la seguente figura 4).

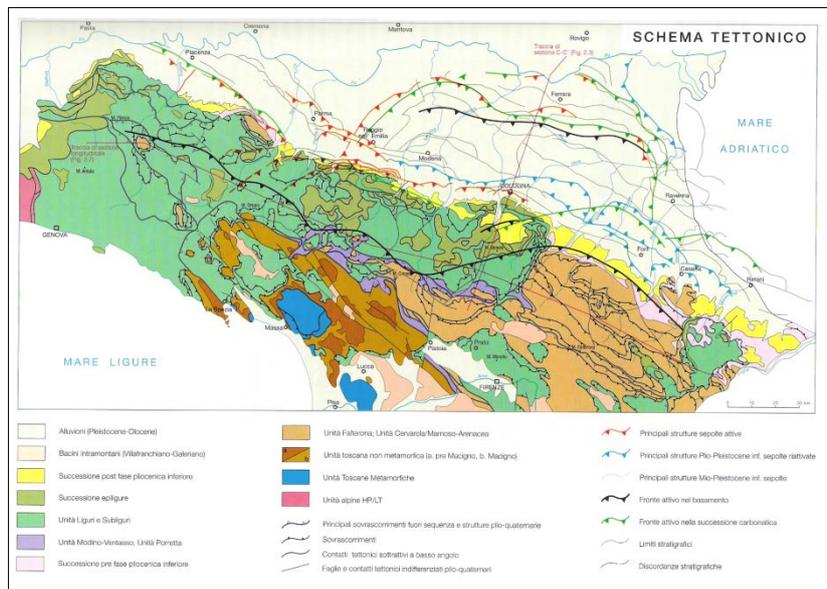


Fig. 4: schema tettonico

Il vero fronte appenninico, quindi, circa all'altezza del fiume Po, sovrascorre verso Nord sulla piattaforma padano –veneta; è possibile, pertanto, asserire che l'evoluzione del territorio dell'Emilia – Romagna coincide con quella del settore esterno della catena nord - appenninica, catena a thrusts facente parte del sistema alpino, formatosi, perlopiù, a spese della placca adriatica per effetto dell'interazione fra la placca Africana e la Placca Euroasiatica.

Si tratta di un edificio costituito da una serie di Unità Tettoniche riferibili a due principali Domini:

- **Dominio Ligure**, i cui sedimenti si sono originariamente depositi su crosta oceanica;
- **Dominio Tosco – Umbro – Marchigiano**, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria.

APPENNINO EMILIANO ROMAGNOLO

Tale settore appenninico può essere suddiviso in due zone principali:

- **zona assiale;**
- **zona del margine appenninico – padano.**

Zona assiale

Si tratta della parte morfologicamente più elevata della catena esterna che costituisce l'edificio le cui principali strutturazioni arrivano fino al Pliocene Inferiore e le cui Unità Tettoniche sono rappresentate dalle Unità Liguri e Subliguri con la sovrastante Successione Epiligure e dalle Unità Oligo – Mioceniche Toscane nonché dall'Unità Umbro – Marchigiano – Romagnola.

Margine appenninico – padano

Si tratta della zona posta a cavallo del limite morfologico Appennino – Pianura Padana formata dalle colline del basso appennino e dalla fascia pedemontana della pianura padana.

I terreni che affiorano nella zona collinare appartengono, essenzialmente, alla successione post – evaporitica, litologicamente costituita da peliti prevalenti sedimentate sul margine interno dell'avanfossa padano – adriatica (Formazione di Tetto, Formazione a Colombacci, Argille Azzurre) e delimitata da due *unconformities* di importanza regionale; alla base, infatti, essa poggia sulle evaporiti messiniane (Formazione Gessoso - Solfifera) mentre, al tetto, sono presenti i depositi continentali della Pianura Padana.

Localmente, le evaporiti messiniane hanno subito fenomeni di erosione e processi di risedimentazione; in questi casi alla discordanza basale è associata anche una lacuna erosiva ed il substrato della successione post – evaporitica è rappresentato, nell'Appennino Romagnolo, dalle peliti di chiusura dell'avanfossa romagnola o, nell'Appennino Emiliano e nel Montefeltro, dalle peliti sommitali della Successione Epiligure (Marne del Termina, Argille di Casa i Gessi) o dalle Unità Liguri.

5.2 Strutture attive dell'Emilia – Romagna

La convergenza tra le Placche Europea ed Africana è associata, nell'Appennino Settentrionale, ad un pattern deformativo e ad un'attività sismica complessi; il settore tirrenico della catena è, infatti, interessato da un prevalente campo deformativo estensionale mentre nel settore adriatico della medesima prevale una compressione attiva.

In quest'ultimo settore, in cui rientra l'Emilia – Romagna, l'attività tettonica è da ricondursi alla presenza di strutture compressive, quali sovrascorrimenti e piegamenti; nello specifico, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno origine agli archi di Piacenza – Parma, Reggio Emilia e Ferrara.

A tali strutture, in particolare alla Dorsale Ferrarese, possono essere associate le fagliazioni superficiali osservabili in alcune aree della Pianura Padana, nelle Province di Reggio Emilia e Modena.

Lungo il margine, è attivo il thrust pede – appenninico tra Bologna e Parma mentre blind thrust attivi caratterizzano il settore a Sud – Est di Bologna.

Le principali strutture attive in Emilia – Romagna sono sintetizzate nella sottostante figura 5.

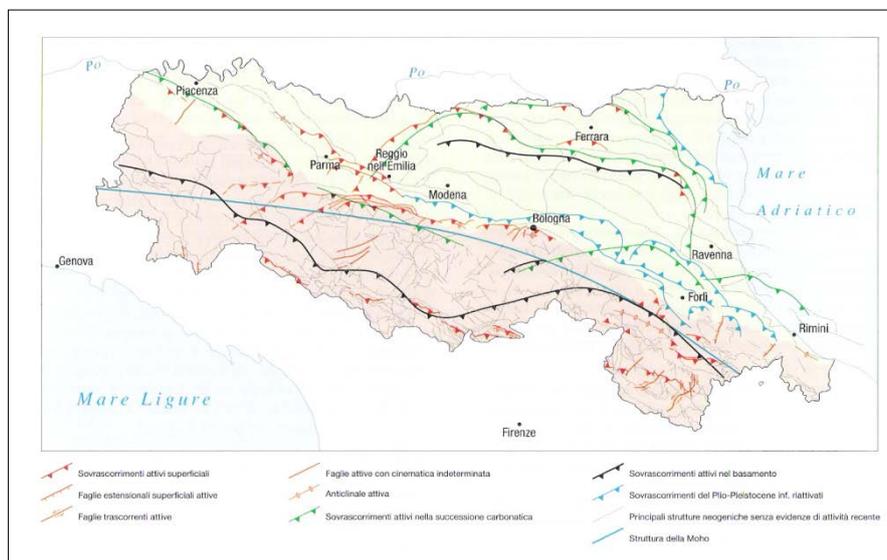


Fig. 5: principali strutture attive in Emilia – Romagna

L'esame di tale rappresentazione cartografica consente di riscontrare come le strutture attive nell'ambito del territorio regionale possano essere raggruppate in tre differenti settori:

- allineamento pressoché continuo in corrispondenza del crinale appenninico, all'incirca coincidente con il fronte di accavallamento delle Unità Tettoniche Cervarola e Falterona sulle Liguridi, in Emilia, e sulla Marnoso – Arenacea, in Romagna;
- allineamento coincidente con gran parte del margine appenninico – padano, a sua volta suddivisibile, procedendo da NW verso SE, in tre ulteriori settori:
 - settore ad Ovest della Val Taro;
 - settore compreso tra le valli del Taro e dell'Idice (ad Est di Bologna);
 - settore ad Est della Valle dell'Idice, corrispondente con il margine romagnolo;
- allineamento coincidente con l'alto delle Pieghe Ferraresi e delle Pieghe Emiliane.

5.3 Sismicità regionale

La Regione Emilia – Romagna è interessata da una sismicità media in rapporto alla sismicità nazionale, con terremoti storici di Magnitudo massima compresa fra 5.5 e 6.0 della scala Richter ed intensità del IX – X grado della scala MCS.

I più intensi terremoti (Magnitudo > 5.5) si sono verificati nel settore sud – orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese; altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minor energia (Magnitudo < 5.5) sono il margine appenninico – padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese ed il crinale appenninico.

Quest'ultimo risente della sismicità di due importanti aree sismogenetiche della Toscana, il Mugello e la Garfagnana dove, nell'ordine, nel 1919 e nel 1920, si sono verificati terremoti di Magnitudo superiore a 6.0.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, è molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese.

I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia NE – SW che NW – SE; i meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari.

Ne consegue che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi fra 15 e 35 km, ha una distribuzione simile a quella più superficiale ma è caratterizzata da una minore densità.

I meccanismi focali sono, anche in questo caso, compressivi e trascorrenti con direzione di compressione sia NW – SE che NE – SW; i meccanismi focali distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, essenzialmente a bassa Magnitudo con ipocentri da 35 km di profondità fin oltre i 50 km, interessa, perlopiù, il settore di catena ed il margine appenninico – padano e, solo raramente, la pianura.

Ne risulta un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali e quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti ed inquadrabili in un sistema transpressivo che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema di ordine inferiore all'interno di una zona di trascorrenza destra.

5.4 Classificazione dei comuni dell'Emilia - Romagna e sismicità storica

In riferimento alla Nuova classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia - Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 Marzo 2003 n° 3274 (Allegato 1, punto 3, della medesima Ordinanza), **105 Comuni del territorio regionale sono stati inseriti in Zona 2, 214 in Zona 3 e 22 in Zona 4.**

Rientrano in Zona 2, ovvero nell'area a maggior sismicità regionale, l'intero territorio delle Province di Forlì, Cesena e Rimini, quasi tutta la Provincia di Ravenna, ad esclusione del Comune Capoluogo classificato in Zona 3, la parte orientale della Provincia di Bologna, il Comune di Argenta (Ferrara), quasi tutti i Comuni dell'alto Appennino Modenese, Reggiano e Parmense, i Comuni del Margine Appenninico Padano a Sud di Reggio Emilia e Modena.

Sono classificati in Zona 4, cioè nella zona a minor sismicità, le estremità Nord – Ovest e Nord – Est della Regione, ovvero, rispettivamente la parte nord – occidentale della Provincia di Piacenza e la parte nord – orientale della Provincia di Ferrara.

I rimanenti Comuni, tra i quali quello di Lesignano dé Bagni, sono stati classificati in Zona 3, vale a dire nella zona a sismicità medio – bassa (Figura 6).

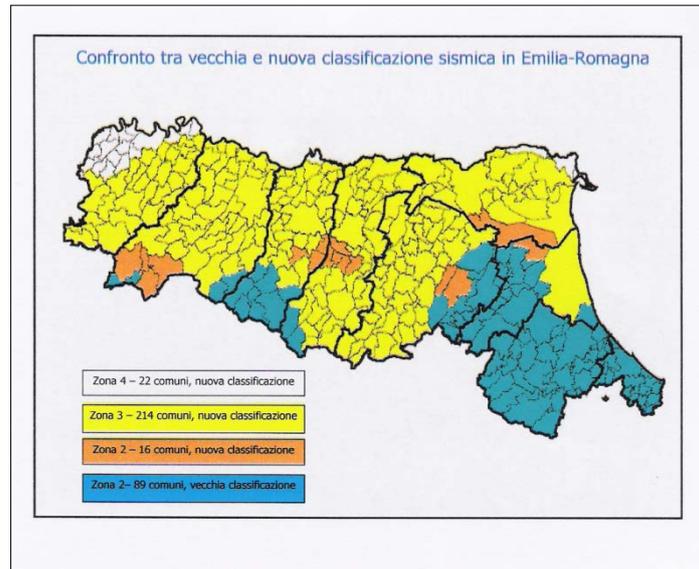


Fig. 6: nuova classificazione sismica regionale

La succitata riclassificazione sismica dei Comuni della R.E.R., secondo la quale il territorio comunale del **Comune di Lesignano dé Bagni** (Codice ISTAT **8034019**) rientra in **Zona 3**, è stata recepita dal Decreto 14.01.2008 del Ministero delle Infrastrutture recante “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” pubblicato sulla G.U. n. 29 del 04.02.2008.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale 23 Luglio 2018 n. 1164 è stato approvato un aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell’Emilia – Romagna, disposta con propria D.G.R. n. 1435 del 2003 (prime disposizioni di attuazione dell’Ordinanza del P.C.M. n. 3274/2003), con riferimento al passaggio di 20 Comuni dalla zona 4 alla zona 3 (sismicità medio – bassa), al passaggio dei 7 Comuni dell’Alta Val Marecchia dalla Regione Marche (Provincia di Pesaro – Urbino) alla Regione Emilia – Romagna (Provincia di Rimini) ed all’aggiornamento dei nuovi Comuni ottenuti per fusione di più Comuni così come elencati nell’allegato A alla D.G.R. n. 1164 del 23/07/2018 e come rappresentati nella cartografia di cui all’allegato B della succitata deliberazione, riportata nella seguente figura 7.

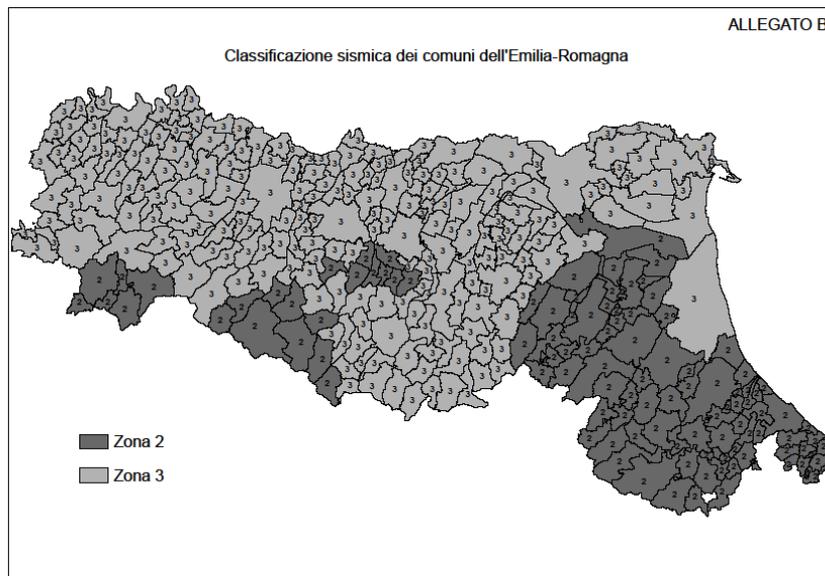


Fig. 7: classificazione sismica regionale dei comuni - Allegato B D.G.R. n. 1164 2 del 23/07/2018

La consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPT115 Release v1.5 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT115, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) ha consentito la ricostruzione della seguente casistica storica relativamente ai sismi più significativi per il territorio della provincia parmense nella finestra temporale 1800 - 2014 (terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o pari a 5 e con magnitudo strumentale equivalente, secondo i metodi e le conversioni descritte nel succitato catalogo, a Mw 4.0 o superiore):

| Giorno – Mese - Anno | Ora – Minuto - Secondo | Area epicentrale | n. MDP (Macroseismic Data Point) | Intensità epicentrale Io | Magnitudo Momento Mw |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|--|-----------------------------|----------------------------|
| 12.02.1806 | | Reggiano | 28 | 7 | 5.21 |
| 25.12.1810 | 00.45 | Pianura emiliana | 33 | 6 | 5.06 |
| 15.07.1811 | 22.44 | Modenese - reggiano | 19 | 6 - 7 | 5.13 |
| 09.12.1818 | 18.55 | Parmense | 26 | 7 | 5.24 |
| 11.09.1831 | 18.15 | Pianura emiliana | 25 | 7 - 8 | 5.48 |
| 11.03.1832 | 06.45 | Carpi | 14 | 5 | 4.51 |
| 13.03.1832 | 03.30 | Reggiano | 97 | 7 - 8 | 5.51 |
| 04.10.1834 | 19 | Bolognese | 12 | 6 | 4.71 |
| 20.04.1835 | 03 | Val di Taro | 1 | 5 | 4.16 |
| 25.04.1835 | 02.45 | Val di Taro | 6 | 5 - 6 | 4.77 |
| 11.04.1837 | 17.00 | Lunigiana | 60 | 9 | 5.94 |
| 28.11.1849 | 18 | Val di Taro | 7 | 6 | 4.63 |
| 01.02.1857 | | Parmense - Reggiano | 22 | 6 - 7 | 5.11 |
| 16.05.1873 | 19.35 | Reggiano | 15 | 6 - 7 | 5.01 |
| 24.01.1881 | 16.14 | Bolognese | 38 | 7 | 5.22 |
| 25.01.1881 | 07.06 | Bolognese | 18 | 5 | 4.59 |
| 14.02.1881 | 09.00.30 | Appennino bolognese | 21 | 6 | 4.77 |
| 26.02.1885 | 20.48 | Pianura padana | 78 | 6 | 5.01 |
| 15.10.1886 | 02.20 | Collecchio | 44 | 6 | 4.70 |
| 08.03.1889 | 02.57.04 | Bologna | 38 | 5 | 4.53 |
| 20.10.1893 | 20.20.15 | Appennino parmense | 25 | 4 - 5 | 4.04 |

| Giorno – Mese - Anno | Ora – Minuto - Secondo | Area epicentrale | n. MDP (Macroseismic Data Point) | Intensità epicentrale Io | Magnitudo Momento Mw |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 07.08.1895 | 19.49.32 | Appennino tosco-emiliano | 84 | 5 | 4.67 |
| 04.03.1898 | 21.05 | Parmense | 313 | 7 - 8 | 5.37 |
| 25.08.1906 | 03.11 | Parmense | 31 | 5 | 4.25 |
| 10.11.1906 | 17.55 | Alta Val di Taro | 43 | 5 | 4.22 |
| 13.01.1909 | 00.45 | Emilia – Romagna orientale | 867 | 6 - 7 | 5.36 |
| 25.11.1913 | 20.55 | Appennino parmense | 73 | 4 - 5 | 4.65 |
| 27.10.1914 | 09.22 | Lucchesia | 660 | 7 | 5.63 |
| 10.10.1915 | 23.10 | Reggiano | 30 | 6 | 4.87 |
| 06.05.1918 | 08.05 | Reggiano | 8 | 5 - 6 | 4.41 |
| 29.06.1919 | 15.06.13 | Mugello | 565 | 10 | 6.38 |
| 07.09.1920 | 05.55.40 | Garfagnana | 750 | 10 | 6.53 |
| 29.11.1921 | 12.04 | Val di Taro | 10 | 4 | 4.15 |
| 28.06.1923 | 15.12 | Modenese | 22 | 6 | 5.04 |
| 13.06.1928 | 08 | Carpi | 35 | 6 | 4.67 |
| 20.07.1928 | 19.53 | Alta Val di taro | 13 | 6 | 4.39 |
| 10.04.1929 | 05.55 | Bolognese | 87 | 6 | 5.05 |
| 19.04.1929 | 04.16 | Bolognese | 82 | 6 - 7 | 5.13 |
| 20.04.1929 | 01.10 | Bolognese | 109 | 7 | 5.36 |
| 22.04.1929 | 08.26 | Bolognese | 41 | 6 - 7 | 5.10 |
| 22.04.1929 | 14.19 | Bolognese | 12 | 5 - 6 | 4.61 |
| 29.04.1929 | 18.36 | Bolognese | 45 | 6 | 5.20 |
| 11.05.1929 | 19.23 | Bolognese | 64 | 6 - 7 | 5.29 |
| 24.05.1930 | 22.02 | Appennino tosco - emiliano | 43 | 5 | 4.91 |
| 10.06.1931 | 17.02 | Modenese | 14 | 4 | 4.59 |
| 13.06.1934 | 09.06 | Val di Taro - Lunigiana | 29 | 6 | 5.14 |
| 17.09.1937 | 12.19.05 | Parmense | 34 | 7 | 4.77 |
| 10.12.1937 | 18.04 | Frignano | 28 | 6 | 5.30 |
| 15.10.1939 | 14.05 | Garfagnana | 62 | 6 - 7 | 4.96 |
| 01.05.1940 | 09.36.05 | Parmense | | | 5.06 |
| 12.03.1955 | 06.57.04 | Parmense | 15 | 5 | 4.15 |
| 25.10.1957 | 23.02.05 | Appennino reggiano | 79 | 5 - 6 | 4.27 |
| 26.01.1959 | 05.35.40 | Alta Val di Taro | 14 | 5 | 4.27 |
| 13.08.1961 | 22.34.18 | Parmense | 22 | 5 - 6 | 4.37 |
| 14.08.1961 | 01.03.02 | Parmense | 14 | 5 - 6 | 4.47 |
| 10.05.1965 | 05.01.54 | Appennino reggiano | 11 | 4 - 5 | 4.29 |
| 15.05.1967 | 10.03.34 | Appennino reggiano | 2 | 4 | 4.07 |
| 30.12.1967 | 04.19 | Emilia – Romagna orientale | 40 | 6 | 5.05 |
| 24.06.1969 | 13.25.18 | Parmense | 15 | 5 | 4.21 |
| 03.05.1970 | 04.17.41 | Parmense | 3 | 4 | 4.08 |
| 15.07.1971 | 01.33.23 | Parmense | 228 | 8 | 5.57 |
| 25.06.1972 | 17.10.47 | Parmense | | | 4.01 |
| 25.10.1972 | 21.56.11 | Appennino settentrionale | 198 | 5 | 4.87 |
| 15.05.1974 | 21.49.12 | Alta Val di Taro | 13 | 5 | 4.14 |
| 16.11.1975 | 13.04.25 | Appennino piacentino | 10 | 4 - 5 | 4.93 |
| 09.11.1983 | 16.29.52 | Parmense | 850 | 6 - 7 | 5.04 |
| 15.08.1985 | 18.58.03 | Appennino parmense | 7 | 7 | 4.51 |
| 01.10.1986 | 19.53.39 | Lunigiana | 68 | 5 | 4.46 |
| 10.02.1987 | 21.20 | Lunigiana | 54 | 5 | 4.09 |
| 02.05.1987 | 20.43.53 | Reggiano | 802 | 6 | 4.71 |
| 08.05.1987 | 11.10.27 | Bassa modenese | 24 | 6 | 4.44 |
| 15.03.1988 | 12.03.16 | Reggiano | 160 | 6 | 4.57 |
| 03.10.1989 | 09.41.32 | Appennino parmense | 91 | 4 | 4.04 |
| 31.10.1991 | 09.31.18 | Emilia occidentale | 134 | 5 | 4.33 |
| 03.03.1995 | 16.16.40 | Lunigiana | 43 | 5 | 4.20 |
| 10.10.1995 | 6.54.21 | Lunigiana | 341 | 7 | 4.82 |
| 31.12.1995 | 21.29.47 | Appennino reggiano | 96 | 4 - 5 | 4.51 |
| 15.10.1996 | 09.55.59 | Pianura emiliana | 135 | 7 | 5.38 |
| 16.12.1996 | 09.09.53 | Pianura emiliana | 115 | 5 - 6 | 4.06 |
| 07.07.1999 | 17.16.12 | Frignano | 32 | 5 | 4.67 |
| 18.06.2000 | 07.42.07 | Pianura emiliana | 304 | 5 - 6 | 4.40 |
| 09.05.2007 | 06.03.49 | Pianura emiliana | | | 4.21 |
| 30.07.2007 | 19.05.43 | Pianura emiliana | | | 4.45 |
| 28.12.2007 | 04.05.43 | Appennino parmense | | | 4.18 |
| 23.12.2008 | 15.24.21 | Parmense | 291 | 6 - 7 | 5.36 |
| 23.12.2008 | 21.58.26 | Parmense | | | 4.81 |
| 23.12.2008 | 23.37.06 | Parmense | | | 4.08 |
| 25.12.2008 | 03.08.29 | Parmense | | | 4.09 |
| 25.01.2012 | 08.06.37 | Pianura emiliana | 25 | 5 - 6 | 4.98 |
| 27.01.2012 | 14.53.12 | Appennino parmense | | | 5.05 |
| 20.05.2012 | 02.03.50 | Pianura emiliana | 53 | 7 | 6.09 |

| Giorno – Mese - Anno | Ora – Minuto - Secondo | Area epicentrale | n. MDP (Macroseismic Data Point) | Intensità epicentrale Io | Magnitudo Momento Mw |
|-------------------------|---------------------------|------------------|--|-----------------------------|----------------------------|
| 20.05.2012 | 02.07.28 | Pianura emiliana | | | 5.17 |
| 20.05.2012 | 03.02.47 | Pianura emiliana | | | 5.04 |
| 20.05.2012 | 13.18.01 | Pianura emiliana | | | 5.16 |
| 29.05.2012 | 07.00.02 | Pianura emiliana | 87 | 7 - 8 | 5.90 |
| 29.05.2012 | 10.55.56 | Pianura emiliana | | | 5.50 |

Più in dettaglio, nella seguente figura 8 viene riportata la “storia sismica” del Comune di Lesignano dé Bagni limitatamente ai terremoti con intensità massima ≥ 3 verificatisi tra il 1000 e il 2002 [DBMI15 Release v1.5; Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) DBMI15, The 2015 version of the Italian Macroseismic Database - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia]:

| Effects | Reported earthquakes | | | | | | | | | |
|---------|----------------------|----|----|----|----|----|--------------------------|------|-----|------|
| Int. | Year | Mo | Da | Ho | Mi | Se | Epicentral area | NMDP | Io | Mw |
| 6-7 | 1818 | 12 | 09 | 18 | 55 | | Parmense | 26 | 7 | 5.24 |
| 4 | 1886 | 10 | 15 | 02 | 20 | | Collecchio | 44 | 6 | 4.70 |
| 4-5 | 1887 | 02 | 23 | 05 | 21 | 5 | Liguria occidentale | 1511 | 9 | 6.27 |
| 4 | 1891 | 06 | 07 | 01 | 06 | 1 | Valle d'Illassi | 403 | 8-9 | 5.87 |
| 2-3 | 1893 | 10 | 20 | 20 | 15 | | Appennino parmense | 25 | 4-5 | 4.04 |
| 3-4 | 1895 | 05 | 12 | 20 | 29 | | Reggiano | 13 | 4-5 | 3.98 |
| NF | 1895 | 05 | 18 | 19 | 55 | 1 | Fiorentino | 401 | 8 | 5.50 |
| 7 | 1898 | 03 | 04 | 21 | 05 | | Parmense | 313 | 7-8 | 5.37 |
| NF | 1904 | 06 | 10 | 11 | 15 | 2 | Frignano | 101 | 6 | 4.82 |
| NF | 1911 | 02 | 19 | 07 | 18 | 3 | Forlivese | 181 | 7 | 5.26 |
| 6 | 1920 | 09 | 07 | 05 | 55 | 4 | Garfagnana | 750 | 10 | 6.53 |
| NF | 1921 | 05 | 07 | 06 | 15 | | Lunigiana | 19 | 6 | 4.64 |
| 4 | 1921 | 11 | 29 | 12 | 04 | | Val di Taro | 10 | 4 | 4.15 |
| 4 | 1929 | 04 | 19 | 04 | 16 | | Bolognese | 82 | 6-7 | 5.13 |
| 4 | 1929 | 04 | 20 | 01 | 10 | | Bolognese | 109 | 7 | 5.36 |
| 3 | 1930 | 05 | 24 | 22 | 02 | | Appennino tosco-emiliano | 43 | 5 | 4.91 |
| NF | 1937 | 09 | 17 | 12 | 19 | 0 | Parmense | 34 | 7 | 4.77 |
| F | 1957 | 10 | 25 | 23 | 02 | 0 | Appennino reggiano | 79 | 5-6 | 4.27 |
| 4 | 1961 | 08 | 13 | 22 | 34 | 1 | Parmense | 22 | 5-6 | 4.37 |
| 3 | 1967 | 04 | 03 | 16 | 36 | 1 | Reggiano | 45 | 5 | 4.44 |
| 3-4 | 1967 | 05 | 15 | 10 | 03 | 3 | Appennino reggiano | 2 | 4 | 4.07 |
| 4-5 | 1970 | 05 | 03 | 04 | 17 | 4 | Parmense | 3 | 4 | 4.08 |
| 6-7 | 1971 | 07 | 15 | 01 | 33 | 2 | Parmense | 228 | 8 | 5.51 |
| 5 | 1980 | 12 | 23 | 12 | 01 | 0 | Piacentino | 69 | 6-7 | 4.57 |
| 6 | 1983 | 11 | 09 | 16 | 29 | 5 | Parmense | 850 | 6-7 | 5.04 |
| NF | 1986 | 12 | 06 | 17 | 07 | 1 | Ferrarese | 604 | 6 | 4.43 |
| 3-4 | 1988 | 03 | 15 | 12 | 03 | 1 | Reggiano | 160 | 6 | 4.57 |
| NF | 1989 | 10 | 03 | 09 | 41 | 3 | Appennino parmense | 91 | 4 | 4.04 |
| 3 | 1995 | 10 | 10 | 06 | 54 | 2 | Lunigiana | 341 | 7 | 4.82 |
| 3 | 1995 | 12 | 31 | 21 | 29 | 4 | Appennino reggiano | 96 | 4-5 | 4.51 |
| 4-5 | 1996 | 10 | 15 | 09 | 55 | 5 | Pianura emiliana | 135 | 7 | 5.38 |
| NF | 1996 | 12 | 16 | 09 | 09 | 5 | Pianura emiliana | 115 | 5-6 | 4.06 |
| NF | 2000 | 06 | 18 | 07 | 42 | 0 | Pianura emiliana | 304 | 5-6 | 4.40 |
| NF | 2002 | 06 | 19 | 22 | 11 | 1 | Frignano | 52 | 3 | 4.03 |
| 3 | 2003 | 09 | 14 | 21 | 42 | 5 | Appennino bolognese | 133 | 6 | 5.24 |
| 6 | 2008 | 12 | 23 | 15 | 24 | 2 | Parmense | 291 | 6-7 | 5.36 |

Fig. 8: storia sismica del comune di Lesignano dé Bagni

Tali dati vengono restituiti graficamente nella sottostante Figura 9.

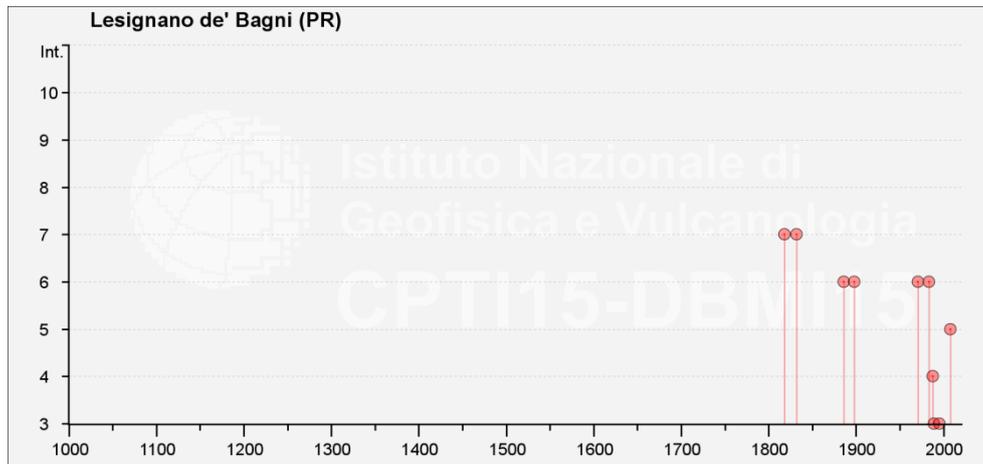


Fig. 9: rappresentazione grafica terremoti Comune di Lesignano dé Bagni

6. INDAGINE GEOGNOSTICA

La ricostruzione delle caratteristiche litostratimetriche dei terreni presenti nel lotto oggetto di istanza di variante è stata effettuata avvalendosi delle risultanze di un'indagine geognostica consistita nell'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche ad infissione statica ubicate come da planimetria schematica in allegato 5.

Per quanto concerne la definizione delle caratteristiche sismiche sito - specifiche dell'area oggetto di studio, si è proceduto all'esecuzione di una specifica acquisizione Masw su di uno stendimento sismico avente lunghezza complessiva pari a m. 56.0.

6.1 Prove penetrometriche statiche

Le prove penetrometriche ad infissione statica sono state eseguite dalla ditta Parmageo S.r.l. di Basilicanova (PR) mediante l'impiego di un penetrometro statico/dinamico PAGANI TG 73-100/200 installato su carro semovente 6 x 6 e dotato di attrezzatura di spinta tipo GOUDA da 200 kN con cella di carico elettrica e punta meccanica di Begemann fornita di manicotto (Friction Sleeve Cone) per la misura dell'attrito laterale locale.

Vengono di seguito riportate le massime profondità di indagine raggiunte:

- prova 1 m. 7.00 da piano campagna;
- prova 2 m. 8.80 da piano campagna;
- prova 3 m. 9.80 da piano campagna.

Le risultanze delle penetrometrie eseguite sono illustrate nei tabulati e nei diagrammi in allegato 6.

6.2 Acquisizione Masw

La prova è stata eseguita dalla Ditta TECNOGEOFISICA S.n.c. di Carpi (MO) utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale della Abem - Seistronix **mod. Ras 24** con 24 canali attivi.

Sono stati impiegati, come ricevitori, 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da un cavo avente lunghezza pari a m. 65.0, e, come sorgente impulsiva, una mazza battente da 10 Kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere; nel caso specifico, è stato adottato un interasse fra i geofoni pari a m. 2.00 che, con 24 ricevitori, ha consentito di coprire una lunghezza totale pari a 46.0 metri.

La sorgente di energizzazione è stata posta ad una distanza di m. 10.0; la lunghezza complessiva dello stendimento sismico è risultata essere, pertanto, pari a m. 56.0 (punto di shot compreso).

Le modalità esecutive ed interpretative della prova geofisica realizzata e gli esiti della prospezione sono descritti nell'allegato rapporto tecnico a cura della Ditta TECNOGEOFISICA S.n.c. (Allegato 7).

Risultanze elaborazione dati

L'acquisizione MASW, eseguita sullo stendimento sismico realizzato, ha consentito sia la ricostruzione del modello sismico monodimensionale del sottosuolo attraverso la velocità delle onde superficiali di Rayleigh sia la valutazione del parametro $V_{s,30}$ al quale è possibile fare riferimento, secondo quanto riportato nel paragrafo A2.1 dell'Allegato A2 della D.G.R. 29 Aprile 2019 n. 630 "*Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)*", per la definizione dei fattori di amplificazione sismica F.A..

| Strato | Profondità | | Spessore | Velocità |
|----------|------------|-------|----------|------------|
| | da m. | a m. | | |
| Strato 1 | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 160 |
| Strato 2 | 0,70 | 2,30 | 1,60 | 190 |
| Strato 3 | 2,30 | 5,30 | 3,00 | 240 |
| Strato 4 | 5,30 | 13,10 | 7,80 | 335 |
| Strato 5 | 13,10 | 20,60 | 7,50 | 480 |
| Strato 6 | 20,60 | 30,00 | 9,40 | 555 |

Valore determinato di $V_{s,30} = 370$ m/sec

7. ASSETTO LITOSTRATIMETRICO

L'esame delle risultanze dell'indagine eseguita ha consentito la ricostruzione di una litostratimetria locale contraddistinta da buona uniformità e così schematizzabile:

Unità Litologica 1 da m. 0.00 a m. 0.40 circa da piano campagna terreno vegetale;

Unità litologica 2 da m. 0.40 a m. 1.00÷1.20 da p.c. alternanze di limi e limi argillosi;

Unità Litologica 3 da m. 1.00÷1.20 a m. 9.80 ed oltre da p.c. argille ed argille limose inglobanti rari inclusi lapidei eterometrici.

Al momento dell'indagine, gennaio 2020, non è stata rilevata la presenza di falda fino alla massima profondità investigata.

8. MODELLO GEOLOGICO

Il lotto di proprietà del Sig. Ettore Mari è ubicato alla sommità del versante orientale del rilievo collinare il cui crinale costituisce, localmente con andamento SW – NE, lo spartiacque tra la valle del T. Parma, a NW, e quella del T. Masdone a SE; dal punto di vista geomorfologico, la parte di versante in esame, totalmente priva di segni significativi di dissesto, è contraddistinta dalla presenza di un declivio degradante verso valle, con debolissimo gradiente (circa 5÷7%), in direzione Nord – Ovest.

La quota media è pari a m. 287 s.l.m..

Si precisa che, immediatamente ad Est ed a valle del tracciato di Strada del Masdone che, come in precedenza esposto, costituisce localmente il confine orientale dell'Ambito DR5, il versante sud - orientale del predetto rilievo collinare è interessato dalla presenza di diffusi fenomeni calanchivi i quali, tuttavia, proprio in corrispondenza dell'area di proprietà Sig. Mari, presentano caratteristiche tali da escludere una loro attività essendo totalmente rinverditi come evidenziato da immagini satellitari tratte da GoogleEarth® e riferibili al periodo 03/09/2001 - 25/04/2018.

Le buone condizioni di stabilità del versante sul quale insiste l'Ambito DR5 e dell'areale di proprietà Sig. Mari in particolare nonché la presenza dei fenomeni calanchivi in precedenza citati trovano conferma nella cartografia tematica del P.T.C.P. Tav. C.2 – “Carta del dissesto” Sezione 199160 Variante Specifica di Aggiornamento 2013 - 2014 dalla cui consultazione emerge l'assenza di elementi di pericolosità geomorfologica a carico dell'area in esame; tale asserzione trova conferma anche nella Tav. P3a “Rispetti e limiti all'edificazione” del P.S.C. nella quale i terreni in esame non rientrano nella perimetrazione relativa ad alcun ambito interessato da rischi naturali.

Escludendo i torrenti in precedenza citati che, date la distanza e, soprattutto, le differenze di quota esistenti, non possono interferire negativamente dal punto di vista idraulico con il lotto in esame, come evidenziato sia nella predetta Tav. P3a del P.S.C. che nella Tav. C.1.12 “Tutela ambientale, paesistica e storico – culturale” del P.T.C.P., l'idrografia di superficie della zona è unicamente costituita da fossi di scolo e dalle opere idrauliche di urbanizzazione delle vicine aree edificate.

Si precisa che quanto cartografato nella Tav. C.1.12 del P.T.C.P. di cui sopra evidenzia l'appartenenza dei terreni oggetto di studio alla “Zona di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei”.

A completamento di quanto in precedenza esposto in merito al rischio idraulico, si precisa che alla zona comprendente i terreni oggetto di studio non vengono attribuiti scenari di pericolosità nella *Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti* 199SE - Langhirano in scala 1:25.000 del P.G.R.A. Distretto Padano della R.E.R. riferita sia all'Ambito Reticolo Naturale Principale e Secondario che all'Ambito Reticolo Secondario di Pianura (corsi d'acqua secondari di pianura gestiti da Consorzi di bonifica e irrigui nella medio – bassa pianura padana).

Secondo quanto riportato nella Cartografia Geologia della Regione Emilia – Romagna, i terreni presenti nella zona comprendente l'areale in esame

appartengono a depositi marini ascrivibili alla formazione delle Argille Varicolori della Val Samoggia litologicamente costituita da argille nerastre, localmente rosse e verdastre, intercalate a sottili livelli di arenarie fini e medie grigio - scure e violacee ed a calcari micritici silicizzati grigio - verdastrici con patine manganesifere. Una coltre detritica di genesi eluvio - colluviale e di natura argilloso - limosa inglobante elementi lapidei poligenici ed eterometrici a spessore variabile ricopre la Formazione in posto.

L'assetto litostratimetrico locale, ricostruito sulla base delle indagini geognostiche eseguite e contraddistinto da buona uniformità, può essere così schematizzato:

Unità Litologica 1 da m. 0.00 a m. 0.40 circa da piano campagna terreno vegetale;

Unità litologica 2 da m. 0.40 a m. 1.00÷1.20 da p.c. alternanze di limi e limi argillosi;

Unità Litologica 3 da m. 1.00÷1.20 a m. 9.80 ed oltre da p.c. argille ed argille limose inglobanti rari inclusi lapidei eterometrici.

Al momento dell'indagine, Gennaio 2020, non è stata rilevata la presenza di falda fino alla massima profondità investigata.

Considerati l'assetto litostratimetrico medio e la collocazione morfologica della zona comprendente il lotto oggetto di studio, è da dirsi che, dal punto di vista idrogeologico, la medesima è contraddistinta dall'assenza di Complessi Acquiferi; i litotipi che costituiscono la copertura detritica sono contraddistinti da elevata impermeabilità ed il substrato è da considerarsi pressochè sterile.

Polle d'acqua alimentate dall'infiltrazione efficace possono localizzarsi, stagionalmente, nell'ambito della copertura detritica in corrispondenza di concentrazioni di elementi lapidei.

Per quanto concerne la vulnerabilità, si precisa che al lotto oggetto di istanza di variante è attribuita, nella Tav. 6 "Carta degli indirizzi ed individuazione degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane, degli scarichi produttivi che recapitano in CIS, delle località che presentano scaricatori di piena e reti fognarie non trattate dalla pubblica depurazione" in scala 1:100.000 del P.P.T.A. (2007), una "vulnerabilità a sensibilità elevata".

La consultazione della Tav. 15 "Le aree di salvaguardia per la tutela delle acque potabili ed emergenze naturali" in scala 1:50.000 del P.P.T.A. (2007) ha consentito di verificare che il predetto lotto rientra in "zona di protezione settore C" delle acque sotterranee (bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori di tipo A e B).

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Ai fini della definizione dei fattori di amplificazione sismica F.A., riferiti, come precisato al paragrafo A2.1 dell'Allegato A2 D.G.R. 29 Aprile 2019 n. 630 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. n. 24/20017)", al Suolo A di cui al D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" punto 3.2.2, sono state prese a riferimento le risultanze dell'indagine geofisica descritta nel paragrafo 6.2.

Si precisa che la necessità di valutare i fattori di amplificazione F.A. è correlata all'inserimento dell'areale oggetto di studio nell'ambito di una zona interessata dalla presenza di substrato affiorante alterato con spessore della zona di alterazione superficiale non inferiore a m. 3.00 (si veda allegato A1 alla succitata Delibera).

L'elaborazione dell'acquisizione Masw eseguita sul sito in esame ha consentito la definizione del diagramma Shear – Wave Velocity (m/s) vs. Depth riportato in allegato 7 e la valutazione del parametro

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (1)$$

da intendersi come **la velocità equivalente** di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo; nella relazione (1) h_i e V_i indicano, nell'ordine, lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma > 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30.0 metri di profondità.

Il valore di $V_{s,30}$ determinato è pari a **370 m/sec**

Per la stima dei F.A. della P.G.A. e dell'intensità spettrale sono state prese in considerazione le tabelle di cui al punto A2.1.1 della D.G.R. 29 Aprile 2019 n. 630 riferite all'ambito Appennino in caso di coperture su substrato non rigido "vale a dire caratterizzato da $V_s \ll 800$ m/s".

Considerando uno spessore medio della copertura (deposito detritico eluvio – colluviale e substrato allentato) pari a m. 13.00 circa, come desumibile dalle risultanze dell'indagine geofisica, ed utilizzando, quindi, un valore di $V_{s-13,0}$ pari a 269 m/sec, è stato possibile definire i seguenti Fattori di Amplificazione:

- **F.A. per P.G.A.** (accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$): **2.1;**
- **F.A. SA1 per l'intensità spettrale in accelerazione (con $0.1s \leq T \leq 0.5s$):** **2.2;**
- **F.A. SA2 per l'intensità spettrale in accelerazione (con $0.4s \leq T \leq 0.8s$):** **1.9;**

- F.A. SA3 per l'intensità spettrale in accelerazione (con $0.7s \leq T \leq 1.1s$): 1.5;
- F.A. S11 per l'intensità spettrale in velocità (con $0.1s \leq T \leq 0.5s$): 2.3;
- F.A. S12 per l'intensità spettrale in velocità (con $0.5s \leq T \leq 1.0s$): 1.6;

ove per intensità spettrale si intende l'integrale delle ordinate dello spettro di risposta in accelerazione in velocità negli intervalli di periodo indicati.

Il valore locale di P.G.A. (accelerazione massima orizzontale su suolo di riferimento relativo alla categoria di sottosuolo A), **pari a 0.157 g**, è stato determinato secondo quanto riportato nella D.G.R. n. 2193; nel dettaglio, è stata eseguita una media pesata dei valori di a_{refg} relativi ai punti della griglia con passo 0.05° più prossimi al sito, considerando la seguente formula

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

I punti della succitata griglia regionale sono derivati da quelli della griglia delle mappe interattive della pericolosità sismica dell'I.N.G.V.; i valori di accelerazione massima orizzontale (a_{refg}) espressa in frazioni di g con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno $T_R = 475$ anni sono stati elaborati da I.N.G.V..

L'accelerazione massima orizzontale al suolo attesa sul sito in esame, con coefficiente di amplificazione stratigrafica F.A. della P.G.A. di 2.1, **risulta essere pari a** $P.G.A. \times F.A. P.G.A. \times S_T = 0.157 g \times 2.1 \times 1 = 0.329 g$; il fattore S_T utilizzato è da intendersi come coefficiente di amplificazione topografica che, date le caratteristiche morfologiche del sito, deve essere considerato pari a 1 poiché, secondo quanto riportato nel paragrafo A2.2 dell'Allegato A2 della D.G.R. n. 630 del 29.04.2019, gli effetti topografici possono essere trascurati.

10. CONCLUSIONI

Dalla sintesi delle risultanze dello studio effettuato in rapporto alle problematiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche, idrostratigrafiche / idrogeologiche e sismiche inerenti l'areale in esame emerge che quest'ultimo non presenta controindicazioni di tipi geologico e simico all'istanza di edificazione in corrispondenza del lotto già inserito nell'Ambito DR5.

In riferimento alla presenza delle aree calanchive al limite di Nord - Est dello spartiacque del crinale, la morfologia del pendio, la sua locale copertura arborea, arbustiva e prativa, che non ha mostrato nell'ultimo ventennio deterioramenti significativi come evidenziato dalle immagini satellitari in precedenza citate, inducono a ritenere che l'imposizione di un franco di m. 20.0 dalla sommità del versante al limite di edificabilità del lotto possa garantire lo stesso da qualsiasi evoluzione negativa nel tempo del fenomeno calanchivo.

Sotto il profilo della pericolosità sismica l'area presenta quali potenziali effetti di sito attesi legati alle caratteristiche geologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche del sottosuolo unicamente l'amplificazione stratigrafica in quanto, per quel che concerne la liquefazione, l'assenza nel sottosuolo di litologie potenzialmente suscettibili del fenomeno, ne esclude l'occorrenza.

Il valore locale di P.G.A. (accelerazione massima orizzontale su suolo di riferimento relativo alla categoria di sottosuolo A) risulta essere pari a **0.157 g**; **l'accelerazione massima orizzontale al suolo attesa sul sito in esame**, considerando un coefficiente di amplificazione stratigrafica F.A. della P.G.A. di 2.1 ed un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1, è stato determinato in **0.329 g**.

Dal punto di vista ambientale, si ribadisce che l'areale in esame ricade in zona con vulnerabilità a sensibilità elevata (Tav. 6 "Carta degli indirizzi ed individuazione degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane, degli scarichi produttivi che recapitano in CIS, delle località che presentano scaricatori di piena e reti fognarie non trattate dalla pubblica depurazione" in scala 1:100.000 del P.P.T.A.) nonché in zona di protezione settore C delle acque sotterranee (Tav. 15 "Le aree di salvaguardia per la tutela delle acque potabili ed emergenze naturali" in scala 1:50.000 del P.P.T.A.) ed in zona di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (C.1.12 "Tutela ambientale, paesistica e storico - culturale" del P.T.C.P.).

Si precisa nuovamente che la definizione delle caratteristiche geotecniche di dettaglio per il volume significativo dei terreni interessati da futura edificazione nonché la determinazione delle caratteristiche sismiche sito - specifiche dovrà

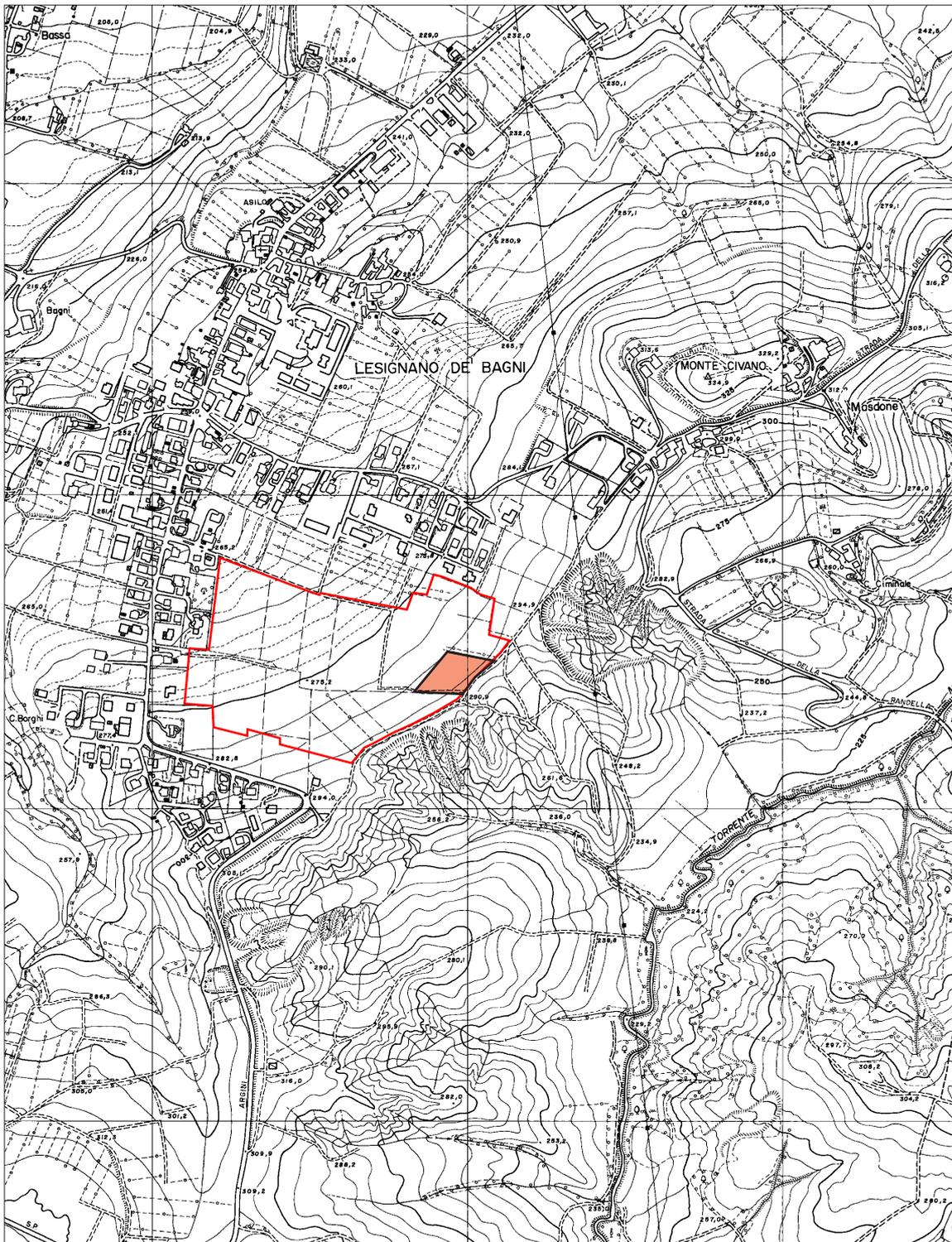
essere realizzata, in conformità a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018
“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, in fase progettuale
esecutiva.

Felino, 24 gennaio 2020

Il Geologo:

Dott. Paolo Panicieri

Allegati



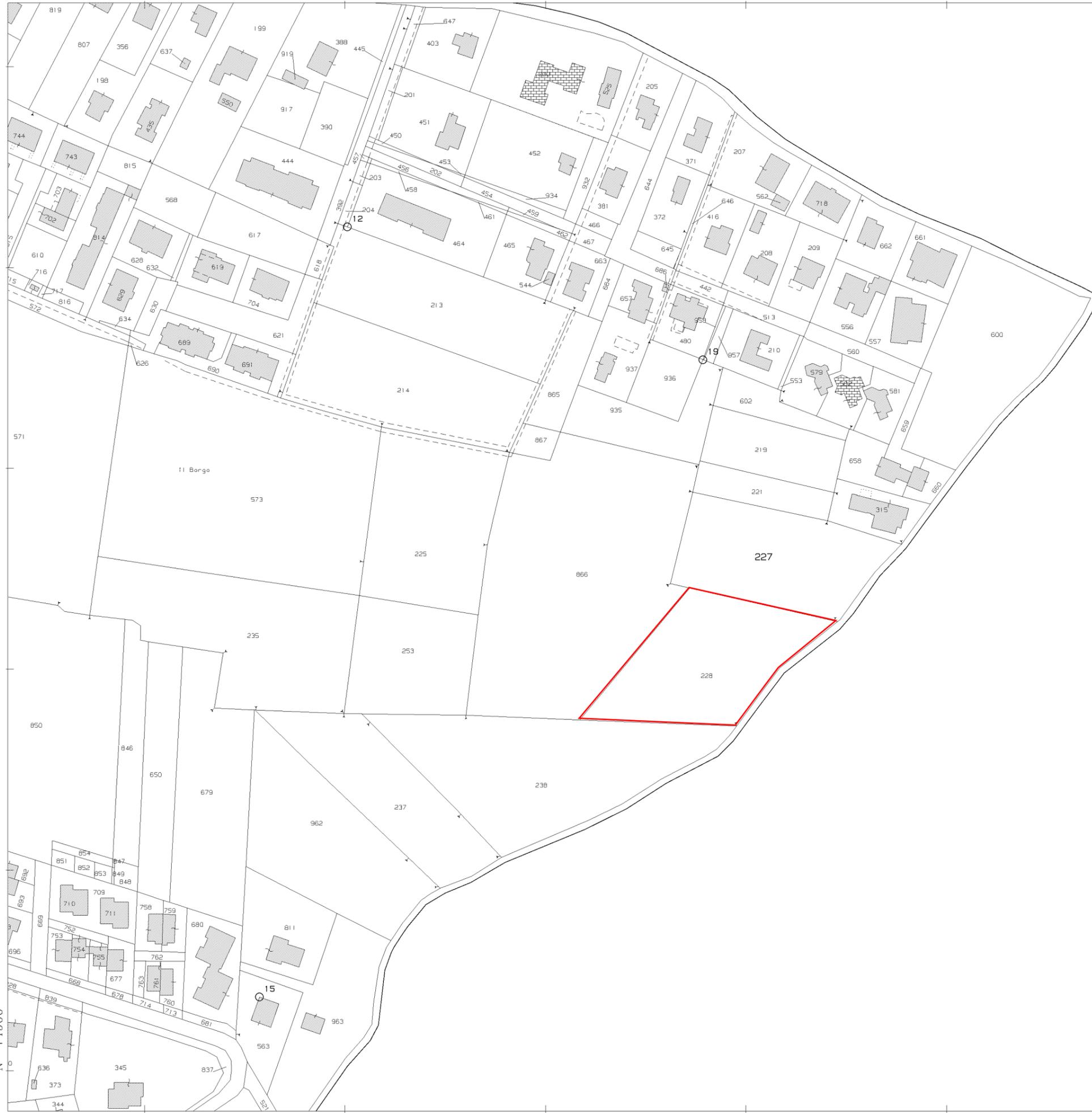
Corografia

Stralcio Carta Tecnica Regionale Sezione 199160 "Langhirano"



areale oggetto di studio

Planimetria catastale



N=-74900

E=63300

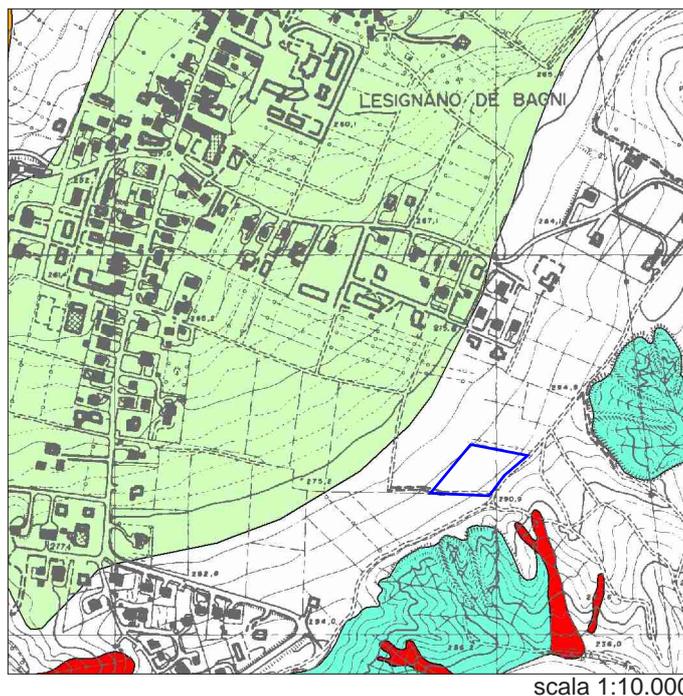
1 Particella: 227

26-Ott-2017 10:54:8
Prot. n. T115440/2017

Scala originale: 1:2000
Dimensione cornice: 776.000 x 552.000 metri

Comune: LESIGNANO DE' BAGNI
Foglio: 14

Stralcio Tav. C2 "Carta del Dissesto" del P.T.C.P.
 Sezione 199160 Langhirano
 Variante Specifica di Aggiornamento 2013-2014



 areale in esame

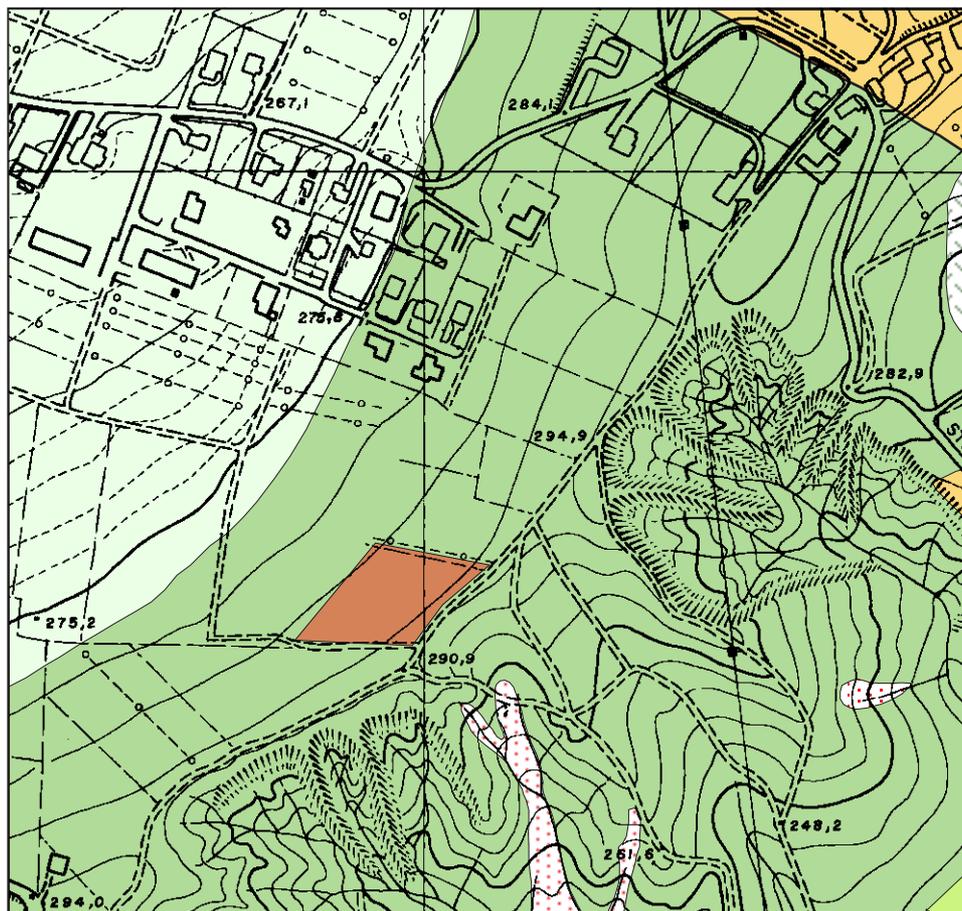
Legenda

| | | |
|--|--|---|
| Art.21 N.T.A. | AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MOLTO ELEVATA | |
| |  | Frane attive |
| |  | Aree soggette a decorticamento superficiale e/o soliflusso |
| |  | Aree calanchive e sub-calanchive |
| |  | Scarpate di degradazione in atto |
| |  | Aree Ee (PAI) |
| Art.22 N.T.A. | AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ELEVATA | |
| |  | Frane quiescenti |
| |  | Parti di versante inglobati in corpi di frana quiescente |
| |  | Aree Eb (PAI) |
| Art.22 bis N.T.A. | AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MODERATA | |
| |  | Versanti interessati da scivolamenti planari o rotazionali in massa |
| |  | Frane relitte |
| |  | Deformazione gravitativa profonda di versante |
| |  | Detrito di versante |
| |  | Depositi di conoide alluvionale |
| |  | Depositi alluvionali |
| ABITATI DA CONSOLIDARE O DA DELOCALIZZARE (Art.24 N.T.A.) | | |
|  | Abitato dichiarato da consolidare (Allegato 3 N.T.A.) <small>(ai sensi della Legge 9 luglio 1908, n.445)</small> | |
| AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO ED ELEVATO (Art.24bis - Allegato 3 N.T.A.) | | |
|  | Aree a rischio idrogeologico molto elevato <small>(Allegato 4.1 - Elaborato n.2 del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, P.A.I.)</small> | |

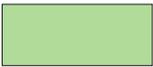


Centri di instabilità segnalata

(Progetto S.C.A.I. - Atlante dei Centri Instabili della Regione Emilia-Romagna, pubblicazione G.N.D.C.I. - C.N.R.)



Inquadramento geologico
scala 1:5.000

-  Deposito di frana attiva
-  Deposito di versante s.l.
-  Unità di Modena
-  Unità di Niviano
-  Formazione di Pantano
-  Argille Varicolori della Val Samoggia

Ubicazione prove penetrometriche CPT



N=-74900

E=63300

1 Particella: 227

Comune: LESIGNANO DE' BAGNI

Foglio: 14

Scala originale: 1:2000

Dimensione cornice: 776.000 x 552.000 metri

26-Ott-2017 10:54:8

Prot. n. T115440/2017

Prove penetrometriche CPT

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)
- note :

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI | prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - | m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - |
| 0,20 | ---- | ---- | -- | ----- | ---- | 3,80 | 29,0 | 74,0 | 29,0 | 2,07 | 14,0 |
| 0,40 | ---- | ---- | -- | 0,53 | ---- | 4,00 | 22,0 | 53,0 | 22,0 | 1,47 | 15,0 |
| 0,60 | 5,0 | 13,0 | 5,0 | 0,67 | 7,0 | 4,20 | 18,0 | 40,0 | 18,0 | 1,27 | 14,0 |
| 0,80 | 4,0 | 14,0 | 4,0 | 0,53 | 7,0 | 4,40 | 19,0 | 38,0 | 19,0 | 1,27 | 15,0 |
| 1,00 | 6,0 | 14,0 | 6,0 | 0,53 | 11,0 | 4,60 | 19,0 | 38,0 | 19,0 | 1,13 | 17,0 |
| 1,20 | 8,0 | 16,0 | 8,0 | 0,67 | 12,0 | 4,80 | 19,0 | 36,0 | 19,0 | 1,27 | 15,0 |
| 1,40 | 10,0 | 20,0 | 10,0 | 0,80 | 12,0 | 5,00 | 16,0 | 35,0 | 16,0 | 1,40 | 11,0 |
| 1,60 | 12,0 | 24,0 | 12,0 | 1,07 | 11,0 | 5,20 | 17,0 | 38,0 | 17,0 | 1,53 | 11,0 |
| 1,80 | 13,0 | 29,0 | 13,0 | 1,40 | 9,0 | 5,40 | 15,0 | 38,0 | 15,0 | 1,13 | 13,0 |
| 2,00 | 24,0 | 45,0 | 24,0 | 1,60 | 15,0 | 5,60 | 25,0 | 42,0 | 25,0 | 2,67 | 9,0 |
| 2,20 | 36,0 | 60,0 | 36,0 | 2,40 | 15,0 | 5,80 | 51,0 | 91,0 | 51,0 | 1,73 | 29,0 |
| 2,40 | 28,0 | 64,0 | 28,0 | 3,20 | 9,0 | 6,00 | 34,0 | 60,0 | 34,0 | 2,13 | 16,0 |
| 2,60 | 31,0 | 79,0 | 31,0 | 2,87 | 11,0 | 6,20 | 20,0 | 52,0 | 20,0 | 1,47 | 14,0 |
| 2,80 | 40,0 | 83,0 | 40,0 | 3,00 | 13,0 | 6,40 | 138,0 | 160,0 | 138,0 | 5,33 | 26,0 |
| 3,00 | 45,0 | 90,0 | 45,0 | 3,00 | 15,0 | 6,60 | 200,0 | 280,0 | 200,0 | 2,00 | 100,0 |
| 3,20 | 49,0 | 94,0 | 49,0 | 3,13 | 16,0 | 6,80 | 220,0 | 250,0 | 220,0 | 3,33 | 66,0 |
| 3,40 | 36,0 | 83,0 | 36,0 | 3,27 | 11,0 | 7,00 | 250,0 | 300,0 | 250,0 | ----- | ---- |
| 3,60 | 36,0 | 85,0 | 36,0 | 3,00 | 12,0 | | | | | | |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)
- note :

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI | prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - | m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - |
| 0,20 | ---- | ---- | -- | ----- | ---- | 4,60 | 23,0 | 44,0 | 23,0 | 1,40 | 16,0 |
| 0,40 | ---- | ---- | -- | 0,40 | ---- | 4,80 | 22,0 | 43,0 | 22,0 | 1,33 | 16,0 |
| 0,60 | 4,0 | 10,0 | 4,0 | 0,60 | 7,0 | 5,00 | 22,0 | 42,0 | 22,0 | 1,27 | 17,0 |
| 0,80 | 7,0 | 16,0 | 7,0 | 0,60 | 12,0 | 5,20 | 24,0 | 43,0 | 24,0 | 1,33 | 18,0 |
| 1,00 | 11,0 | 20,0 | 11,0 | 0,73 | 15,0 | 5,40 | 19,0 | 39,0 | 19,0 | 1,27 | 15,0 |
| 1,20 | 9,0 | 20,0 | 9,0 | 1,00 | 9,0 | 5,60 | 21,0 | 40,0 | 21,0 | 1,40 | 15,0 |
| 1,40 | 11,0 | 26,0 | 11,0 | 1,13 | 10,0 | 5,80 | 25,0 | 46,0 | 25,0 | 1,33 | 19,0 |
| 1,60 | 13,0 | 30,0 | 13,0 | 1,00 | 13,0 | 6,00 | 35,0 | 55,0 | 35,0 | 1,40 | 25,0 |
| 1,80 | 14,0 | 29,0 | 14,0 | 1,07 | 13,0 | 6,20 | 26,0 | 47,0 | 26,0 | 1,80 | 14,0 |
| 2,00 | 14,0 | 30,0 | 14,0 | 1,47 | 10,0 | 6,40 | 24,0 | 51,0 | 24,0 | 1,60 | 15,0 |
| 2,20 | 13,0 | 35,0 | 13,0 | 1,47 | 9,0 | 6,60 | 26,0 | 50,0 | 26,0 | 1,47 | 18,0 |
| 2,40 | 18,0 | 40,0 | 18,0 | 1,40 | 13,0 | 6,80 | 26,0 | 48,0 | 26,0 | 1,53 | 17,0 |
| 2,60 | 18,0 | 39,0 | 18,0 | 1,80 | 10,0 | 7,00 | 25,0 | 48,0 | 25,0 | 1,93 | 13,0 |
| 2,80 | 20,0 | 47,0 | 20,0 | 1,73 | 12,0 | 7,20 | 29,0 | 58,0 | 29,0 | 1,93 | 15,0 |
| 3,00 | 22,0 | 48,0 | 22,0 | 1,60 | 14,0 | 7,40 | 28,0 | 57,0 | 28,0 | 2,27 | 12,0 |
| 3,20 | 20,0 | 44,0 | 20,0 | 1,53 | 13,0 | 7,60 | 38,0 | 72,0 | 38,0 | 2,27 | 17,0 |
| 3,40 | 19,0 | 42,0 | 19,0 | 1,47 | 13,0 | 7,80 | 36,0 | 70,0 | 36,0 | 2,47 | 15,0 |
| 3,60 | 18,0 | 40,0 | 18,0 | 1,47 | 12,0 | 8,00 | 30,0 | 67,0 | 30,0 | 2,47 | 12,0 |
| 3,80 | 16,0 | 38,0 | 16,0 | 1,27 | 13,0 | 8,20 | 31,0 | 68,0 | 31,0 | 2,60 | 12,0 |
| 4,00 | 17,0 | 36,0 | 17,0 | 1,40 | 12,0 | 8,40 | 38,0 | 77,0 | 38,0 | 2,80 | 14,0 |
| 4,20 | 20,0 | 41,0 | 20,0 | 1,53 | 13,0 | 8,60 | 49,0 | 91,0 | 49,0 | 2,07 | 24,0 |
| 4,40 | 22,0 | 45,0 | 22,0 | 1,40 | 16,0 | 8,80 | 42,0 | 73,0 | 42,0 | ----- | ---- |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 3

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)
- note :

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI | prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - | m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - |
| 0,20 | ---- | ---- | -- | ----- | ---- | 5,20 | 35,0 | 80,0 | 35,0 | 3,13 | 11,0 |
| 0,40 | ---- | ---- | -- | 0,53 | ---- | 5,40 | 42,0 | 89,0 | 42,0 | 2,93 | 14,0 |
| 0,60 | 6,0 | 14,0 | 6,0 | 0,67 | 9,0 | 5,60 | 43,0 | 87,0 | 43,0 | 3,40 | 13,0 |
| 0,80 | 7,0 | 17,0 | 7,0 | 0,60 | 12,0 | 5,80 | 36,0 | 87,0 | 36,0 | 3,20 | 11,0 |
| 1,00 | 10,0 | 19,0 | 10,0 | 0,73 | 14,0 | 6,00 | 44,0 | 92,0 | 44,0 | 3,20 | 14,0 |
| 1,20 | 11,0 | 22,0 | 11,0 | 1,13 | 10,0 | 6,20 | 45,0 | 93,0 | 45,0 | 2,93 | 15,0 |
| 1,40 | 23,0 | 40,0 | 23,0 | 1,60 | 14,0 | 6,40 | 48,0 | 92,0 | 48,0 | 3,13 | 15,0 |
| 1,60 | 27,0 | 51,0 | 27,0 | 2,40 | 11,0 | 6,60 | 46,0 | 93,0 | 46,0 | 1,33 | 34,0 |
| 1,80 | 30,0 | 66,0 | 30,0 | 2,27 | 13,0 | 6,80 | 100,0 | 120,0 | 100,0 | 3,73 | 27,0 |
| 2,00 | 26,0 | 60,0 | 26,0 | 2,47 | 11,0 | 7,00 | 46,0 | 102,0 | 46,0 | 3,13 | 15,0 |
| 2,20 | 27,0 | 64,0 | 27,0 | 2,13 | 13,0 | 7,20 | 45,0 | 92,0 | 45,0 | 3,27 | 14,0 |
| 2,40 | 35,0 | 67,0 | 35,0 | 2,60 | 13,0 | 7,40 | 45,0 | 94,0 | 45,0 | 3,73 | 12,0 |
| 2,60 | 31,0 | 70,0 | 31,0 | 1,93 | 16,0 | 7,60 | 47,0 | 103,0 | 47,0 | 3,60 | 13,0 |
| 2,80 | 32,0 | 61,0 | 32,0 | 2,27 | 14,0 | 7,80 | 48,0 | 102,0 | 48,0 | 3,60 | 13,0 |
| 3,00 | 22,0 | 56,0 | 22,0 | 2,60 | 8,0 | 8,00 | 50,0 | 104,0 | 50,0 | 3,60 | 14,0 |
| 3,20 | 25,0 | 64,0 | 25,0 | 2,07 | 12,0 | 8,20 | 56,0 | 110,0 | 56,0 | 4,00 | 14,0 |
| 3,40 | 31,0 | 62,0 | 31,0 | 2,07 | 15,0 | 8,40 | 49,0 | 109,0 | 49,0 | 4,47 | 11,0 |
| 3,60 | 33,0 | 64,0 | 33,0 | 2,47 | 13,0 | 8,60 | 48,0 | 115,0 | 48,0 | 4,87 | 10,0 |
| 3,80 | 30,0 | 67,0 | 30,0 | 2,27 | 13,0 | 8,80 | 47,0 | 120,0 | 47,0 | 4,53 | 10,0 |
| 4,00 | 27,0 | 61,0 | 27,0 | 2,20 | 12,0 | 9,00 | 49,0 | 117,0 | 49,0 | 4,60 | 11,0 |
| 4,20 | 28,0 | 61,0 | 28,0 | 1,87 | 15,0 | 9,20 | 59,0 | 128,0 | 59,0 | 4,33 | 14,0 |
| 4,40 | 35,0 | 63,0 | 35,0 | 2,20 | 16,0 | 9,40 | 80,0 | 145,0 | 80,0 | 4,53 | 18,0 |
| 4,60 | 33,0 | 66,0 | 33,0 | 2,60 | 13,0 | 9,60 | 71,0 | 139,0 | 71,0 | 5,80 | 12,0 |
| 4,80 | 34,0 | 73,0 | 34,0 | 2,47 | 14,0 | 9,80 | 58,0 | 145,0 | 58,0 | ----- | ---- |
| 5,00 | 37,0 | 74,0 | 37,0 | 3,00 | 12,0 | | | | | | |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

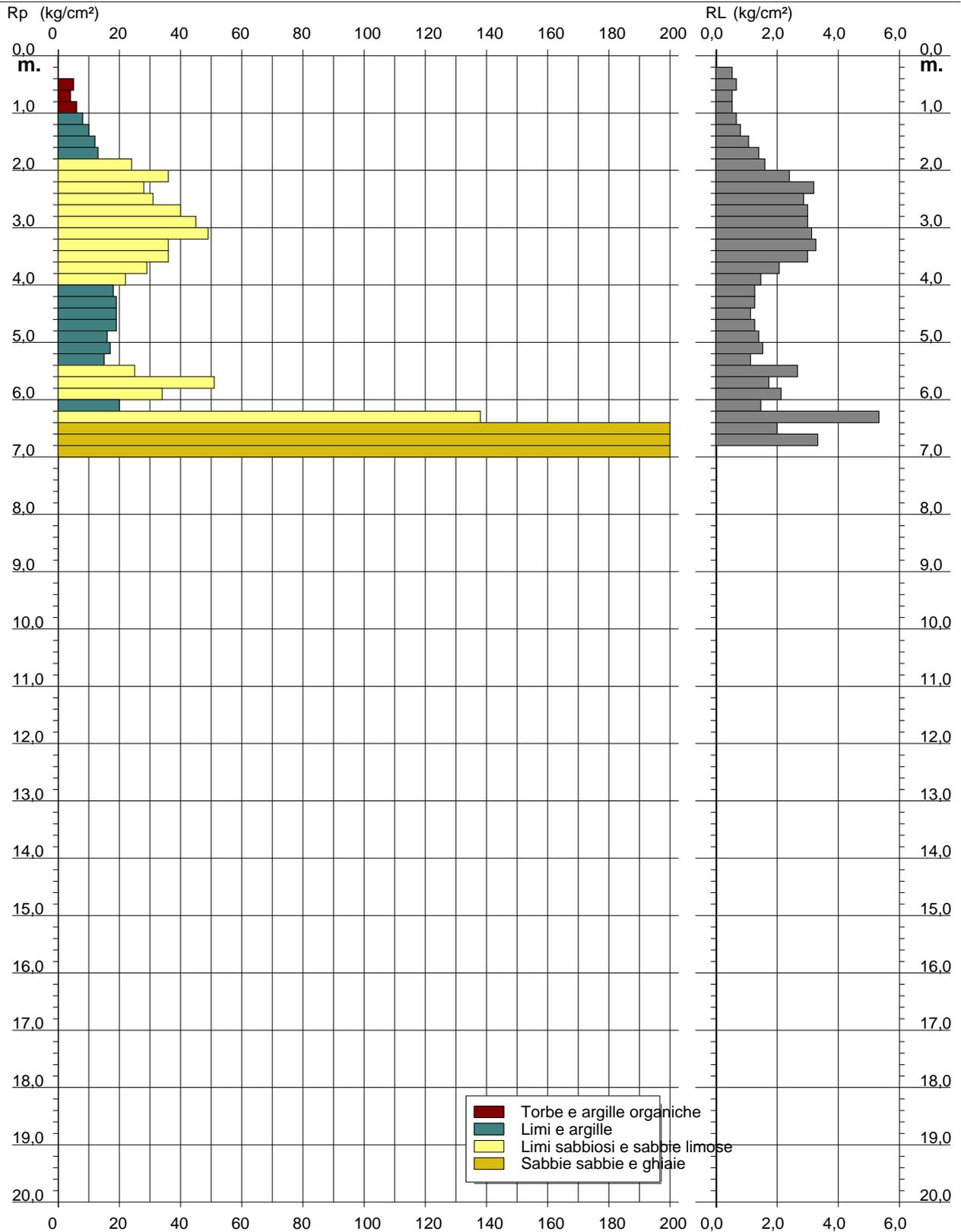
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



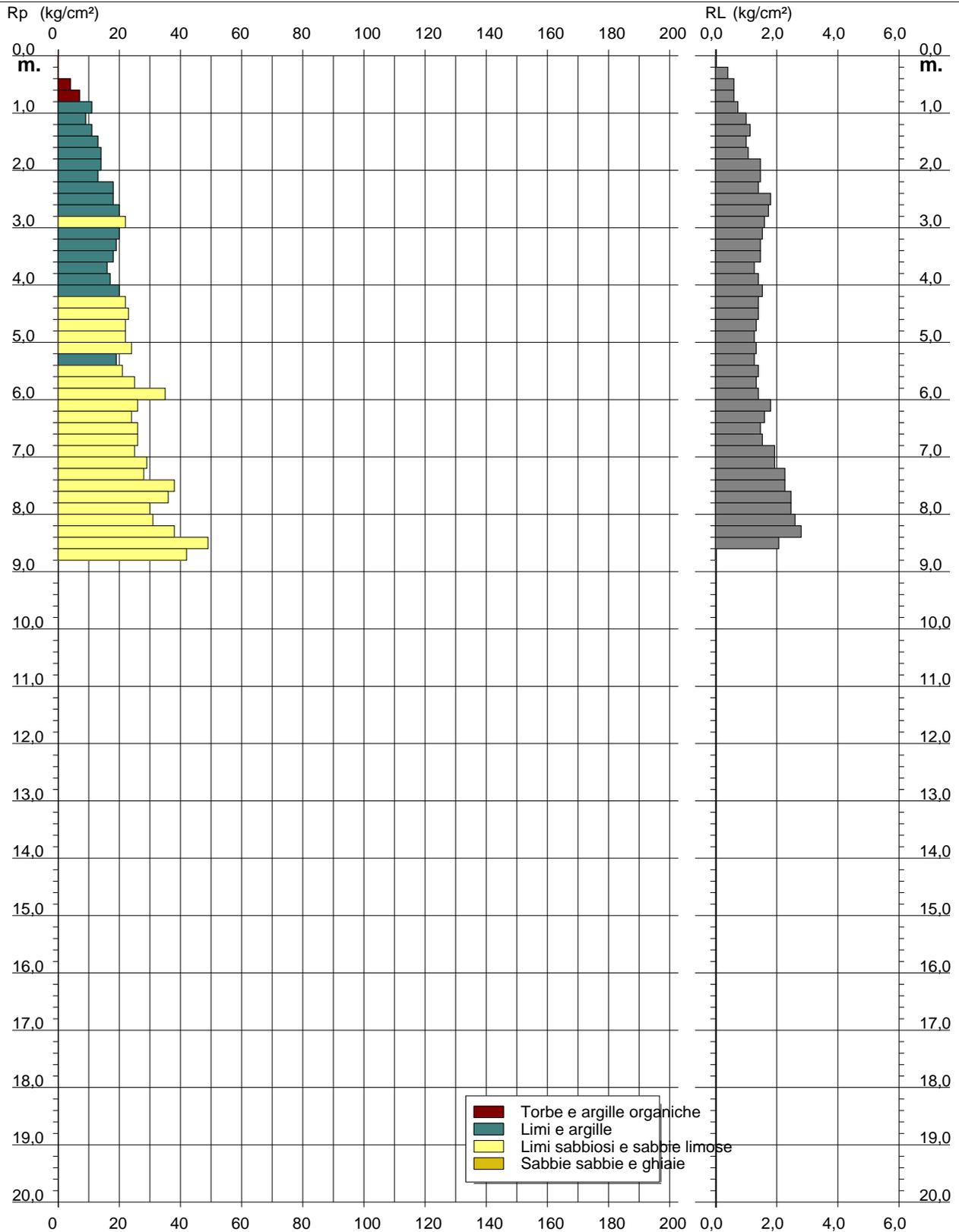
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



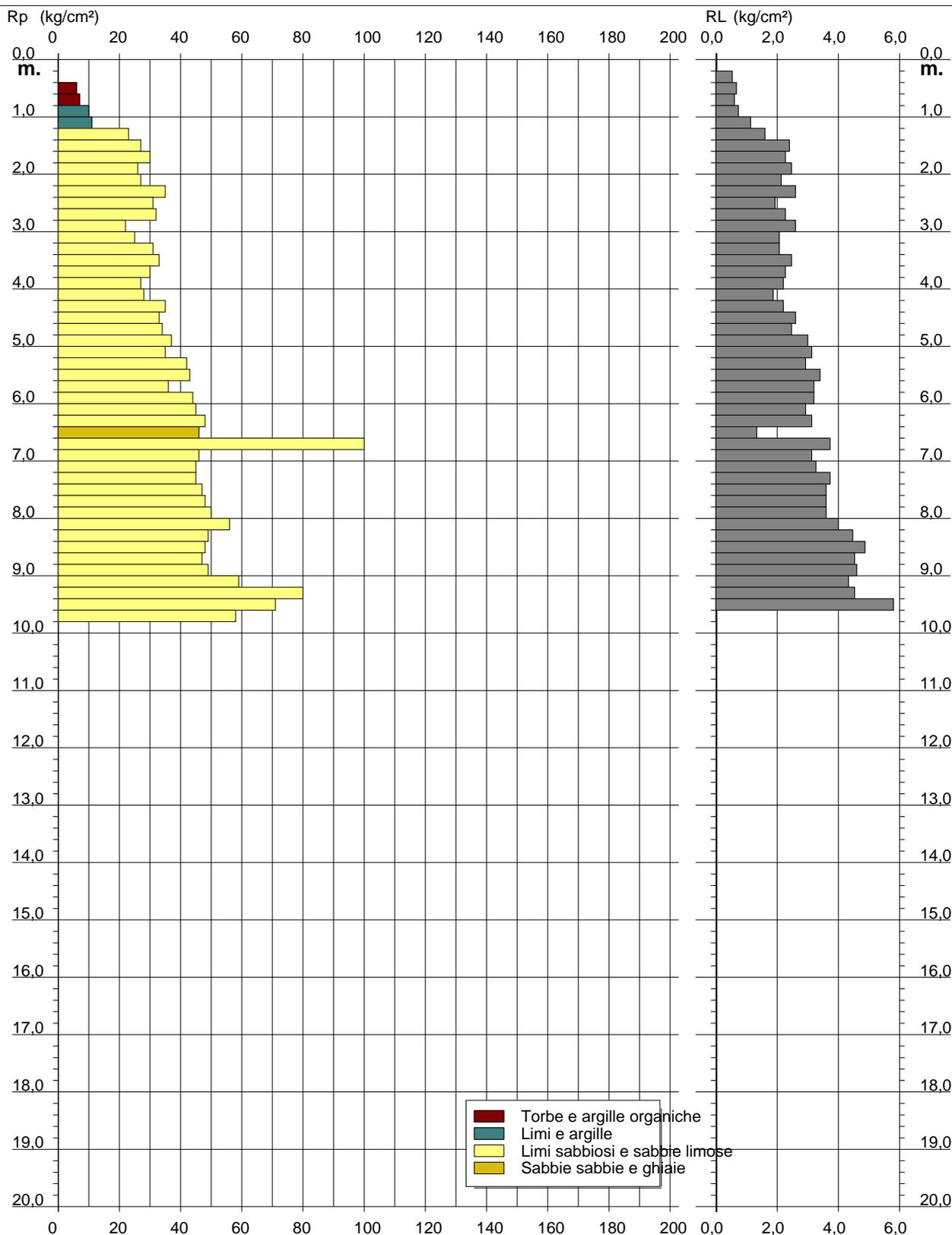
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



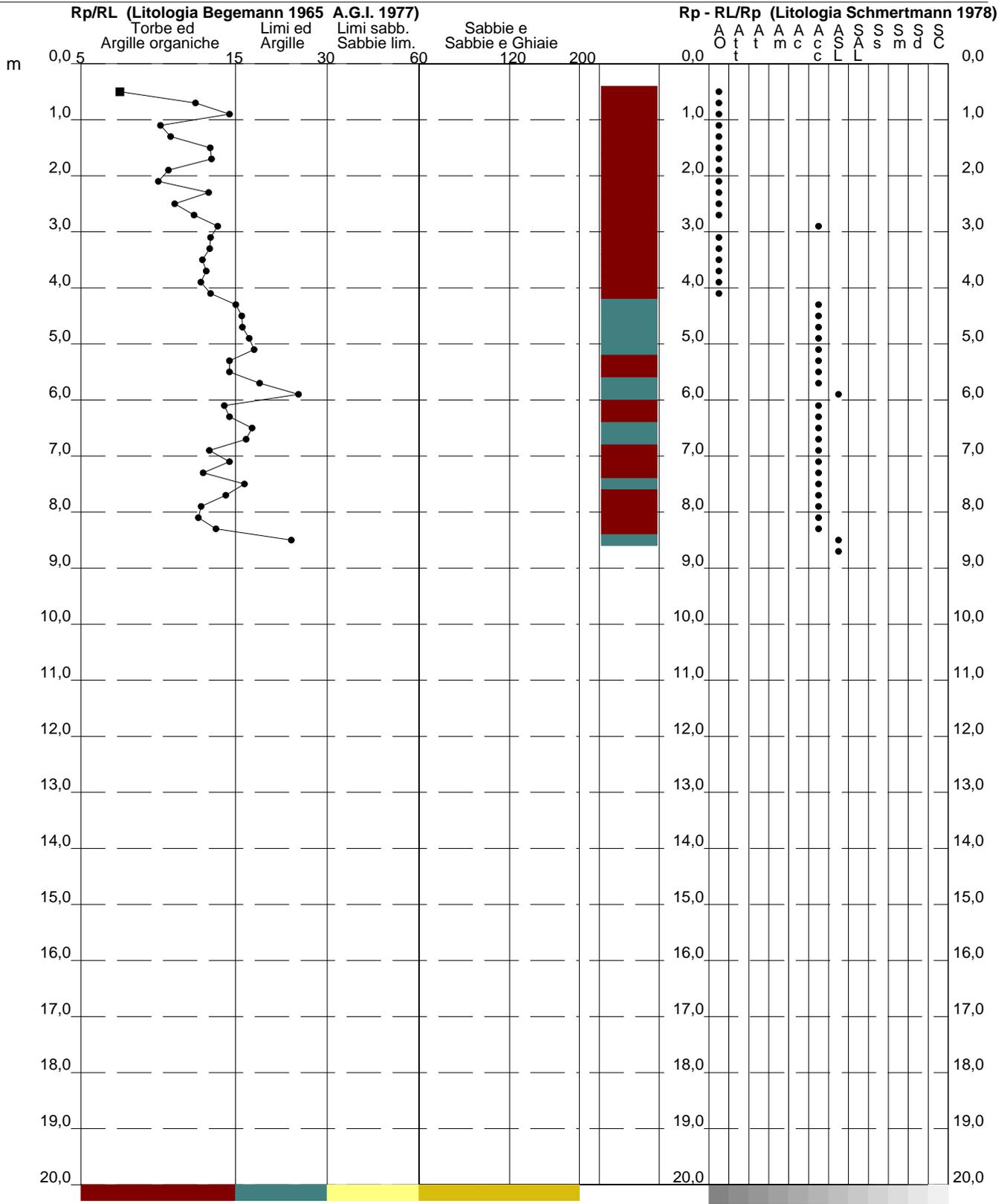
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)
- note :

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



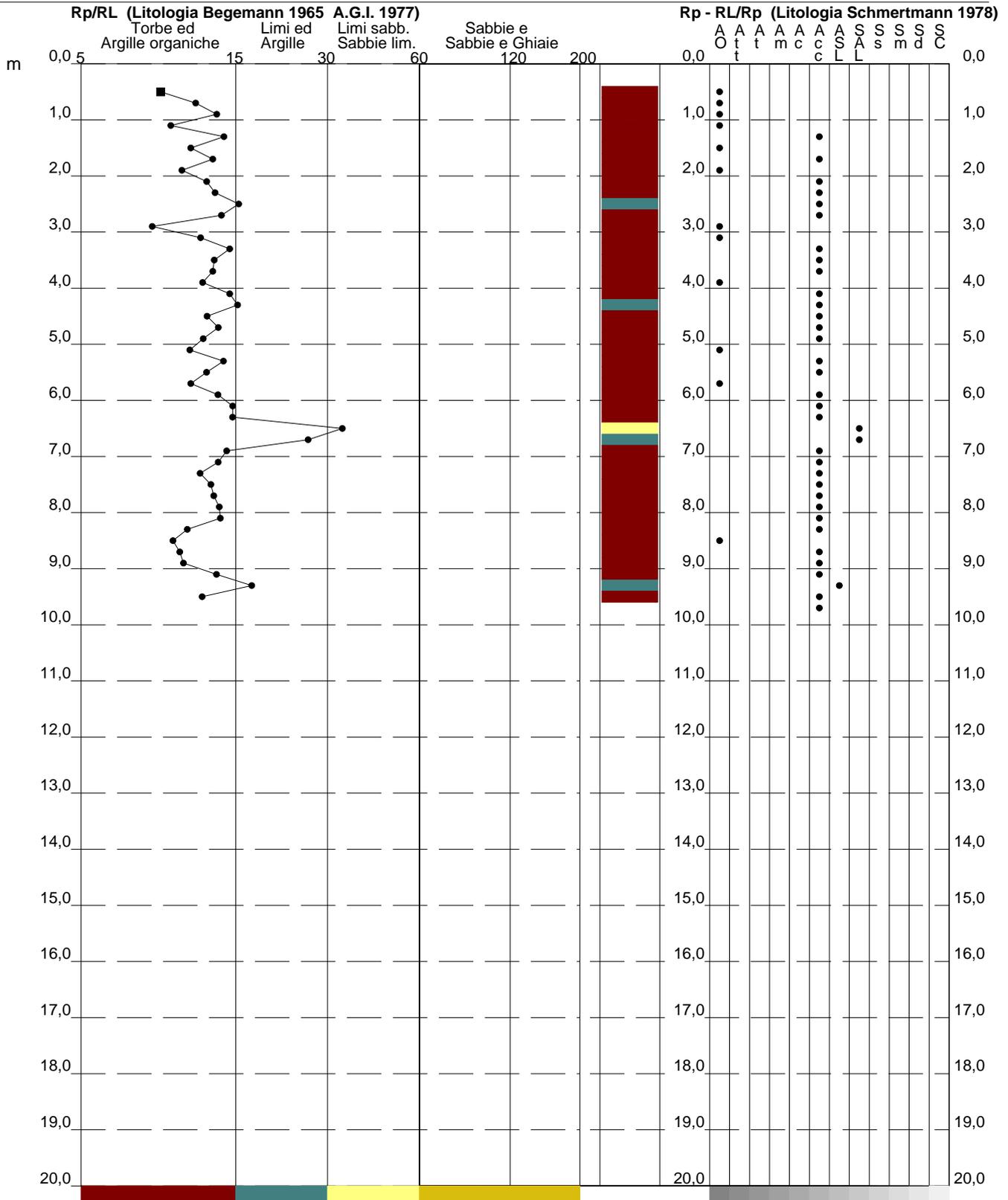
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 3

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)
- note :

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 1

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Panicieri
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)
- note :

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| NATURA COESIVA | | | | | | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----------|---------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----|
| Prof. m | Rp kg/cm ² | Rp/RI (-) | Natura Litol. | Y' t/m ³ | p'vo kg/cm ² | Cu kg/cm ² | OCR (-) | Eu50 kg/cm ² | Eu25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | Dr % | ø1s (°) | ø2s (°) | ø3s (°) | ø4s (°) | ødm (°) | ømy (°) | Amax/g (-) | E'50 kg/cm ² | E'25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | |
| 0,20 | -- | -- | ??? | 1,85 | 0,04 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,40 | -- | -- | ??? | 1,85 | 0,07 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,60 | 5 | 7 | 1*** | 1,85 | 0,11 | 0,25 | 17,3 | 10 | 15 | 8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,80 | 4 | 7 | 1*** | 1,85 | 0,15 | 0,20 | 9,1 | 8 | 13 | 6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,00 | 6 | 11 | 1*** | 1,85 | 0,19 | 0,30 | 11,5 | 12 | 18 | 9 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,20 | 8 | 12 | 2//// | 1,85 | 0,22 | 0,40 | 13,1 | 68 | 102 | 35 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,40 | 10 | 12 | 2//// | 1,85 | 0,26 | 0,50 | 14,3 | 85 | 128 | 40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,60 | 12 | 11 | 2//// | 1,85 | 0,30 | 0,57 | 14,3 | 97 | 146 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,80 | 13 | 9 | 2//// | 1,85 | 0,33 | 0,60 | 13,2 | 103 | 154 | 47 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,00 | 24 | 15 | 4:/: | 1,85 | 0,37 | 0,89 | 18,8 | 151 | 227 | 72 | 47 | 35 | 37 | 39 | 42 | 35 | 28 | 0,097 | 40 | 60 | 72 | |
| 2,20 | 36 | 15 | 4:/: | 1,85 | 0,41 | 1,20 | 24,3 | 204 | 306 | 108 | 59 | 36 | 38 | 40 | 43 | 36 | 30 | 0,127 | 60 | 90 | 108 | |
| 2,40 | 28 | 9 | 4:/: | 1,85 | 0,44 | 0,97 | 16,6 | 164 | 246 | 84 | 48 | 35 | 37 | 39 | 42 | 34 | 28 | 0,099 | 47 | 70 | 84 | |
| 2,60 | 31 | 11 | 4:/: | 1,85 | 0,48 | 1,03 | 16,3 | 176 | 264 | 93 | 50 | 35 | 37 | 40 | 42 | 35 | 29 | 0,103 | 52 | 78 | 93 | |
| 2,80 | 40 | 13 | 4:/: | 1,85 | 0,52 | 1,33 | 20,5 | 227 | 340 | 120 | 57 | 36 | 38 | 40 | 43 | 36 | 30 | 0,121 | 67 | 100 | 120 | |
| 3,00 | 45 | 15 | 4:/: | 1,85 | 0,55 | 1,50 | 21,8 | 255 | 383 | 135 | 59 | 36 | 38 | 40 | 43 | 36 | 31 | 0,127 | 75 | 113 | 135 | |
| 3,20 | 49 | 16 | 4:/: | 1,85 | 0,59 | 1,63 | 22,3 | 278 | 417 | 147 | 60 | 36 | 38 | 41 | 43 | 36 | 31 | 0,131 | 82 | 123 | 147 | |
| 3,40 | 36 | 11 | 4:/: | 1,85 | 0,63 | 1,20 | 14,1 | 204 | 306 | 108 | 48 | 35 | 37 | 39 | 42 | 34 | 30 | 0,099 | 60 | 90 | 108 | |
| 3,60 | 36 | 12 | 4:/: | 1,85 | 0,67 | 1,20 | 13,1 | 204 | 306 | 108 | 47 | 35 | 37 | 39 | 42 | 34 | 30 | 0,096 | 60 | 90 | 108 | |
| 3,80 | 29 | 14 | 4:/: | 1,85 | 0,70 | 0,98 | 9,5 | 169 | 254 | 87 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 29 | 0,075 | 48 | 73 | 87 | |
| 4,00 | 22 | 15 | 4:/: | 1,85 | 0,74 | 0,85 | 7,4 | 182 | 273 | 66 | 27 | 32 | 35 | 37 | 40 | 30 | 28 | 0,052 | 37 | 55 | 66 | |
| 4,20 | 18 | 14 | 2//// | 1,85 | 0,78 | 0,75 | 6,0 | 206 | 308 | 56 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,40 | 19 | 15 | 2//// | 1,85 | 0,81 | 0,78 | 5,9 | 216 | 325 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,60 | 19 | 17 | 2//// | 1,85 | 0,85 | 0,78 | 5,6 | 230 | 345 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,80 | 19 | 15 | 2//// | 1,85 | 0,89 | 0,78 | 5,3 | 243 | 364 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,00 | 16 | 11 | 2//// | 1,85 | 0,93 | 0,70 | 4,4 | 258 | 387 | 52 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,20 | 17 | 11 | 2//// | 1,85 | 0,96 | 0,72 | 4,4 | 269 | 403 | 54 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,40 | 15 | 13 | 2//// | 1,85 | 1,00 | 0,67 | 3,8 | 281 | 422 | 50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,60 | 25 | 9 | 4:/: | 1,85 | 1,04 | 0,91 | 5,3 | 283 | 424 | 75 | 23 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 28 | 0,045 | 42 | 63 | 75 | |
| 5,80 | 51 | 29 | 4:/: | 1,85 | 1,07 | 1,70 | 11,2 | 289 | 434 | 153 | 47 | 35 | 37 | 39 | 42 | 33 | 31 | 0,097 | 85 | 128 | 153 | |
| 6,00 | 34 | 16 | 4:/: | 1,85 | 1,11 | 1,13 | 6,4 | 287 | 430 | 102 | 32 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 29 | 0,063 | 57 | 85 | 102 | |
| 6,20 | 20 | 14 | 4:/: | 1,85 | 1,15 | 0,80 | 4,0 | 320 | 480 | 60 | 13 | 30 | 33 | 36 | 39 | 27 | 27 | 0,026 | 33 | 50 | 60 | |
| 6,40 | 138 | 26 | 4:/: | 1,85 | 1,18 | 4,60 | 34,2 | 782 | 1173 | 414 | 79 | 39 | 41 | 42 | 44 | 38 | 36 | 0,187 | 230 | 345 | 414 | |
| 6,60 | 200 | 100 | 3::: | 1,85 | 1,22 | -- | -- | -- | -- | -- | 91 | 41 | 42 | 44 | 45 | 39 | 38 | 0,226 | 333 | 500 | 600 | |
| 6,80 | 220 | 66 | 3::: | 1,85 | 1,26 | -- | -- | -- | -- | -- | 93 | 41 | 42 | 44 | 45 | 40 | 38 | 0,235 | 367 | 550 | 660 | |
| 7,00 | 250 | -- | 3::: | 1,85 | 1,30 | -- | -- | -- | -- | -- | 97 | 42 | 43 | 44 | 46 | 40 | 39 | 0,248 | 417 | 625 | 750 | |

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 3

2.010496-053

- committente : Dott. geol. Paolo Paniciere
- lavoro : Variante PSC - Mari Ettore
- località : Lesignano B. (PR)
- note :

- data : 23/01/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| NATURA COESIVA | | | | | | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----------|---------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----|
| Prof. m | Rp kg/cm ² | Rp/RI (-) | Natura Litol. | Y' t/m ³ | p'vo kg/cm ² | Cu kg/cm ² | OCR (-) | Eu50 kg/cm ² | Eu25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | Dr % | ø1s (°) | ø2s (°) | ø3s (°) | ø4s (°) | ødm (°) | ømy (°) | Amax/g (-) | E'50 kg/cm ² | E'25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | |
| 0,20 | -- | -- | ??? | 1,85 | 0,04 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,40 | -- | -- | ??? | 1,85 | 0,07 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,60 | 6 | 9 | 1*** | 1,85 | 0,11 | 0,30 | 21,8 | 12 | 18 | 9 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,80 | 7 | 12 | 1*** | 1,85 | 0,15 | 0,35 | 18,4 | 14 | 21 | 11 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,00 | 10 | 14 | 2//// | 1,85 | 0,19 | 0,50 | 21,8 | 85 | 128 | 40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,20 | 11 | 10 | 2//// | 1,85 | 0,22 | 0,54 | 18,9 | 91 | 137 | 42 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,40 | 23 | 14 | 4:// | 1,85 | 0,26 | 0,87 | 28,5 | 148 | 221 | 69 | 54 | 36 | 38 | 40 | 42 | 36 | 28 | 0,115 | 38 | 58 | 69 | |
| 1,60 | 27 | 11 | 4:// | 1,85 | 0,30 | 0,95 | 26,9 | 161 | 242 | 81 | 57 | 36 | 38 | 40 | 43 | 36 | 28 | 0,121 | 45 | 68 | 81 | |
| 1,80 | 30 | 13 | 4:// | 1,85 | 0,33 | 1,00 | 24,8 | 170 | 255 | 90 | 57 | 36 | 38 | 40 | 43 | 36 | 29 | 0,123 | 50 | 75 | 90 | |
| 2,00 | 26 | 11 | 4:// | 1,85 | 0,37 | 0,93 | 19,8 | 158 | 237 | 78 | 50 | 35 | 37 | 40 | 42 | 35 | 28 | 0,104 | 43 | 65 | 78 | |
| 2,20 | 27 | 13 | 4:// | 1,85 | 0,41 | 0,95 | 18,1 | 161 | 242 | 81 | 49 | 35 | 37 | 39 | 42 | 35 | 28 | 0,101 | 45 | 68 | 81 | |
| 2,40 | 35 | 13 | 4:// | 1,85 | 0,44 | 1,17 | 21,0 | 198 | 298 | 105 | 56 | 36 | 38 | 40 | 42 | 36 | 29 | 0,119 | 58 | 88 | 105 | |
| 2,60 | 31 | 16 | 4:// | 1,85 | 0,48 | 1,03 | 16,3 | 176 | 264 | 93 | 50 | 35 | 37 | 40 | 42 | 35 | 29 | 0,103 | 52 | 78 | 93 | |
| 2,80 | 32 | 14 | 4:// | 1,85 | 0,52 | 1,07 | 15,5 | 181 | 272 | 96 | 49 | 35 | 37 | 39 | 42 | 34 | 29 | 0,101 | 53 | 80 | 96 | |
| 3,00 | 22 | 8 | 4:// | 1,85 | 0,55 | 0,85 | 10,6 | 144 | 216 | 66 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 32 | 28 | 0,067 | 37 | 55 | 66 | |
| 3,20 | 25 | 12 | 4:// | 1,85 | 0,59 | 0,91 | 10,7 | 155 | 232 | 75 | 37 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 28 | 0,073 | 42 | 63 | 75 | |
| 3,40 | 31 | 15 | 4:// | 1,85 | 0,63 | 1,03 | 11,7 | 176 | 264 | 93 | 43 | 34 | 36 | 39 | 41 | 33 | 29 | 0,087 | 52 | 78 | 93 | |
| 3,60 | 33 | 13 | 4:// | 1,85 | 0,67 | 1,10 | 11,8 | 187 | 281 | 99 | 44 | 34 | 37 | 39 | 42 | 33 | 29 | 0,089 | 55 | 83 | 99 | |
| 3,80 | 30 | 13 | 4:// | 1,85 | 0,70 | 1,00 | 9,8 | 171 | 256 | 90 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 29 | 0,078 | 50 | 75 | 90 | |
| 4,00 | 27 | 12 | 4:// | 1,85 | 0,74 | 0,95 | 8,5 | 176 | 263 | 81 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,067 | 45 | 68 | 81 | |
| 4,20 | 28 | 15 | 4:// | 1,85 | 0,78 | 0,97 | 8,2 | 185 | 278 | 84 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,067 | 47 | 70 | 84 | |
| 4,40 | 35 | 16 | 4:// | 1,85 | 0,81 | 1,17 | 9,8 | 199 | 298 | 105 | 41 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 29 | 0,082 | 58 | 88 | 105 | |
| 4,60 | 33 | 13 | 4:// | 1,85 | 0,85 | 1,10 | 8,7 | 202 | 302 | 99 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 29 | 0,075 | 55 | 83 | 99 | |
| 4,80 | 34 | 14 | 4:// | 1,85 | 0,89 | 1,13 | 8,5 | 211 | 316 | 102 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 29 | 0,075 | 57 | 85 | 102 | |
| 5,00 | 37 | 12 | 4:// | 1,85 | 0,93 | 1,23 | 9,0 | 219 | 329 | 111 | 40 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 30 | 0,079 | 62 | 93 | 111 | |
| 5,20 | 35 | 11 | 4:// | 1,85 | 0,96 | 1,17 | 8,0 | 231 | 347 | 105 | 37 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 29 | 0,073 | 58 | 88 | 105 | |
| 5,40 | 42 | 14 | 4:// | 1,85 | 1,00 | 1,40 | 9,6 | 241 | 361 | 126 | 42 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 30 | 0,085 | 70 | 105 | 126 | |
| 5,60 | 43 | 13 | 4:// | 1,85 | 1,04 | 1,43 | 9,4 | 248 | 372 | 129 | 42 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 30 | 0,085 | 72 | 108 | 129 | |
| 5,80 | 36 | 11 | 4:// | 1,85 | 1,07 | 1,20 | 7,2 | 266 | 399 | 108 | 35 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 30 | 0,069 | 60 | 90 | 108 | |
| 6,00 | 44 | 14 | 4:// | 1,85 | 1,11 | 1,47 | 8,9 | 263 | 394 | 132 | 41 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 31 | 0,083 | 73 | 110 | 132 | |
| 6,20 | 45 | 15 | 4:// | 1,85 | 1,15 | 1,50 | 8,8 | 272 | 408 | 135 | 41 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 31 | 0,083 | 75 | 113 | 135 | |
| 6,40 | 48 | 15 | 4:// | 1,85 | 1,18 | 1,60 | 9,1 | 281 | 422 | 144 | 43 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 31 | 0,086 | 80 | 120 | 144 | |
| 6,60 | 46 | 34 | 3:... | 1,85 | 1,22 | -- | -- | -- | -- | -- | 40 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 31 | 0,081 | 77 | 115 | 138 | |
| 6,80 | 100 | 27 | 4:// | 1,85 | 1,26 | 3,33 | 21,2 | 567 | 850 | 300 | 66 | 37 | 39 | 41 | 43 | 36 | 34 | 0,148 | 167 | 250 | 300 | |
| 7,00 | 46 | 15 | 4:// | 1,85 | 1,30 | 1,53 | 7,8 | 314 | 470 | 138 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,077 | 77 | 115 | 138 | |
| 7,20 | 45 | 14 | 4:// | 1,85 | 1,33 | 1,50 | 7,3 | 329 | 494 | 135 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,074 | 75 | 113 | 135 | |
| 7,40 | 45 | 12 | 4:// | 1,85 | 1,37 | 1,50 | 7,0 | 343 | 514 | 135 | 37 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,073 | 75 | 113 | 135 | |
| 7,60 | 47 | 13 | 4:// | 1,85 | 1,41 | 1,57 | 7,2 | 349 | 524 | 141 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,075 | 78 | 118 | 141 | |
| 7,80 | 48 | 13 | 4:// | 1,85 | 1,44 | 1,60 | 7,1 | 359 | 539 | 144 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,075 | 80 | 120 | 144 | |
| 8,00 | 50 | 14 | 4:// | 1,85 | 1,48 | 1,67 | 7,3 | 366 | 549 | 150 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,077 | 83 | 125 | 150 | |
| 8,20 | 56 | 14 | 4:// | 1,85 | 1,52 | 1,87 | 8,1 | 363 | 544 | 168 | 42 | 34 | 36 | 39 | 41 | 31 | 31 | 0,084 | 93 | 140 | 168 | |
| 8,40 | 49 | 11 | 4:// | 1,85 | 1,55 | 1,63 | 6,7 | 397 | 595 | 147 | 37 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,072 | 82 | 123 | 147 | |
| 8,60 | 48 | 10 | 4:// | 1,85 | 1,59 | 1,60 | 6,3 | 414 | 621 | 144 | 35 | 33 | 36 | 38 | 41 | 30 | 31 | 0,069 | 80 | 120 | 144 | |
| 8,80 | 47 | 10 | 4:// | 1,85 | 1,63 | 1,57 | 6,0 | 431 | 647 | 141 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 31 | 0,067 | 78 | 118 | 141 | |
| 9,00 | 49 | 11 | 4:// | 1,85 | 1,66 | 1,63 | 6,1 | 438 | 657 | 147 | 35 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 31 | 0,069 | 82 | 123 | 147 | |
| 9,20 | 59 | 14 | 4:// | 1,85 | 1,70 | 1,97 | 7,5 | 416 | 624 | 177 | 41 | 34 | 36 | 39 | 41 | 31 | 32 | 0,082 | 98 | 148 | 177 | |
| 9,40 | 80 | 18 | 4:// | 1,85 | 1,74 | 2,67 | 10,7 | 453 | 680 | 240 | 51 | 35 | 37 | 40 | 42 | 33 | 33 | 0,106 | 133 | 200 | 240 | |
| 9,60 | 71 | 12 | 4:// | 1,85 | 1,78 | 2,37 | 9,0 | 421 | 632 | 213 | 46 | 34 | 37 | 39 | 42 | 32 | 32 | 0,095 | 118 | 178 | 213 | |
| 9,80 | 58 | -- | 3:... | 1,85 | 1,81 | -- | -- | -- | -- | -- | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,077 | 97 | 145 | 174 | |

Report acquisizione MASW

COMMITTENTE:
Sig. MARI ETTORE

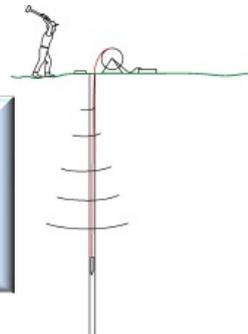
COMMESSA:
Indagine geofisica
Valutazione V_{sh} con metodologia MASW

LOCALITA':
Strada del Masdone
Lesignano de' Bagni (PR)

DATA:
Gennaio 2020

**Via S. Cattania, 1/a
41012 Carpi (MO)**

info@tecnogeofisica.com
www.tecnogeofisica.com



INDAGINE GEOFISICA

Committente:
Sig. MARI ETTORE

Intervento:
Indagine MASW

Località:
Strada del Masdone
Lesignano de' Bagni (PR)

INDICE

| | |
|--|----------|
| Premessa | 1 |
| Caratteristiche attrezzatura | 2 |
| Indagine MASW | 3 |
| Interpretazione dati acquisiti | 5 |
| Categorie di suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{sh} o per il caso in esame V_{s30}) | 7 |
| Allegati Intervento | 8 |
| Ubicazione indagini | 8 |
| Scheda Indagine Masw | 9 |
| Documentazione fotografica | 10 |

Premessa

Nel mese di novembre 2020, su commissione del Sig. Ettore Mari e sotto la direzione del Dott. Geol. Paolo Panicieri, è stata effettuata un'indagine sismica tipo MASW (Multichannel Spectral Analysis of Waves) in Lesignano de' Bagni (PR) in merito allo studio geologico-sismico a corredo di istanza di variante urbanistica.

La prova è stata ubicata come da scheda allegata a fine testo.



Fig.1 Ubicazione area di indagine

L'indagine MASW è indirizzata a misurare le velocità delle onde sismiche (V_s) del sottosuolo e la valutazione del parametro $V_{s,eq}$ come prescritto da:

- *Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003*
- *D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni".*
- *Successiva Circolare Ministeriale n°7 del 21/01/2019 recante Istruzioni per l'applicazione.*

Si ricorda che la normativa (par. 3.2.2 NTC18) richiede che l'effetto della risposta sismica locale sia valutato mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3; in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. dell'NTC18.

All'interno del territorio nazionale sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità (v. Allegato 1 ord. 3274 del 2003 e succ. modifiche). La classificazione del suolo (tabella 3.2.II) è invece convenzionalmente eseguita sulla base delle condizioni stratigrafiche e della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato
- N numero di strati;
- H per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,</i> con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

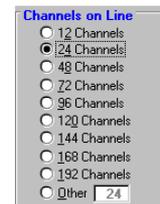
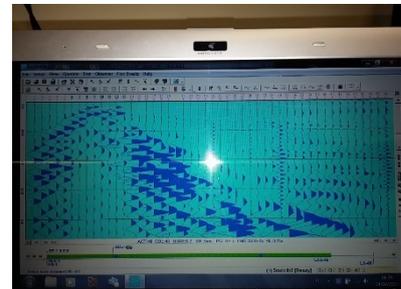
Caratteristiche attrezzatura

L'indagine MASW è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della Abem-Seistronix mod. Ras 24 con 24 canali attivi (sistema ampliabile sino a 240 canali), sismografo (ch 1-24)



Le specifiche tecniche dello strumento sono:

- | | |
|----------------------------|---|
| -processore: | Pentium 200 MMx Intel, |
| -Trattamento dati: | Floating Point 48-Bit, |
| -Ambiente operativo: | Windows7 32 bit, |
| -Display: | VGA colori LCD_TFT 15" |
| -Supporto memorizz.: | Hard Disk |
| -Risoluzione acquisizione: | 12/48 bit |
| -Sonde ambiente interne: | temperatura, umidità relativa |
| -Formato dati: | SEG-2 (.dat), |
| -Durata acquisizioni: | Rifrazione, 32÷4000 ms |
| -Tempi campionamento: | da 12 µs a 4 ms |
| -Filtri digitali: | Passa alto (25÷400 Hz) Passa Basso (100÷250 Hz) Notch (50÷180 Hz) |
| -Attivazione filtri: | in acquisizione o manualmente |
| -Trigger: | inibizione impulsi dovuti a rimbalzi |
| - Canali: | 24/48 (max 240) |



Altra strumentazione

- un cavo con lunghezza 65 m per collegare in serie i geofoni
- 24 geofoni da 4,5 Hz
- Sorgente impulsiva: mazza battente da 10 Kg con piastra di battuta in alluminio 15x15 cm, da disporre sul terreno.
- Bindella metrica per posizionare i ricevitori.

Indagine MASW

Lo scopo di un'indagine sismica di tipo MASW appositamente eseguita consente la determinazione diretta, nel sito d'intervento, della velocità delle onde trasversali (Onde di taglio - onde Sh/Sv) dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto dalla quale si ottiene la corretta definizione della categoria sismica dello stesso ($V_{s,30}$).

L'indagine sismica realizzata, Masw (in sismica attiva), è stata scelta in funzione delle limitazioni che affliggono in genere misure di onde Sh con metodi a rifrazione tradizionali (come ad es. difficoltà di generazione di onde polarizzate Sh o inversioni di velocità identificabili con difficoltà o valutabili con costosi, lunghi ed impegnativi metodi sismici in foro Cross-Hole e/o Down-Hole).

La tecnica sismica Masw è stata ampiamente testata (perfezionata già dal 1999) ed è contemplata fra le indagini per la definizione rigorosa del profilo di Vs per la caratterizzazione sismica del sito (NTC-2018 e ad es. Lai, Foti e Rota "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione - IUSS Press Eucentre 2009) ed è particolarmente indicata per la caratterizzazione del primo sottosuolo; tecniche basate sull'utilizzo di registrazioni di microtremiti di origine naturale e/o antropica (tecniche passive) possono, infatti, caratterizzare il sottosuolo più in profondità, da diverse decine sino, alle volte, anche a centinaia di metri (Lai et alii - IUSS Press Eucentre 2009), ma con minor risoluzione per la zona prossima alla superficie che, invece, ci interessa maggiormente.

Diversi autori (Lachet e Bard 94, Bard 99, De Ferrari et alii - Università studi di Genova 2008) segnalano, inoltre, che per i terreni alluvionali i sistemi d'acquisizione in sismica passiva sono poco idonei in quanto l'utilizzo di tecniche passive è possibile o consigliabile nel caso di:

- intenso "rumore antropico" (che impedisce o maschera l'acquisizione dei dati in sismica attiva);
- discreto contrasto di impedenza sismica (>2,5-3) fra il substrato (sismico) ed il materasso alluvionale sovrastante;
- interrimento del sensore sismico passivo per migliorare l'accoppiamento sensore-terreno; altri autori (Konno e Ohmachi 98, Bard 99, Bindi et alii 2000, Parolai et alii 2002) consigliano, quindi, di evitare aree caratterizzate dalla presenza di erba, fango, terreno saturo, neve, ghiaccio, materiali incoerenti in superficie (ghiaia, ciottoli, quindi piazzali rilevati ecc.), coperture artificiali con piastrelle, superfici sintetiche ecc.

Valutando le sopraccitate motivazioni per caratterizzare il sottosuolo dal punto di vista del profilo Vs/profondità è stata realizzata una prospezione Masw (rilevazione onde di Rayleigh - tecnica in sismica attiva).

Dal punto di vista operativo l'indagine è stata eseguita stendendo lungo una linea 24 ricevitori (geofoni) con una distanza intergeofonica costante ed energizzando ad un'estremità dello stendimento battendo con una mazza su una piastra di alluminio; la distanza tra il punto di energizzazione ed il primo geofono è denominata "offset".

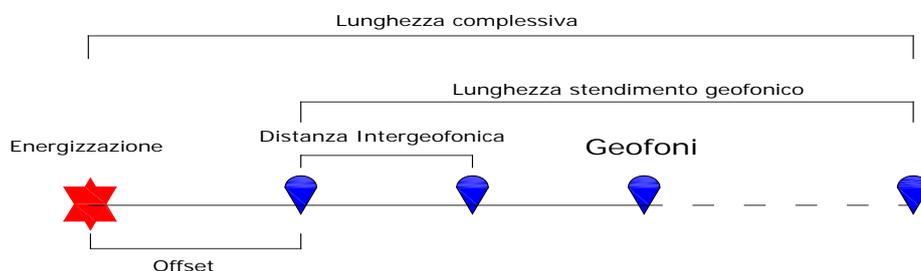


Fig.2 Schema illustrativo prova Masw

La base Masw eseguita, per le possibilità operative presenti in corrispondenza del sito di intervento, presenta una lunghezza di m. 56,0 (compreso il punto di shot) ed una geometria schematizzabile secondo quanto di seguito riportato:

| | |
|---|--------------|
| ➤ Numero geofoni | 24 |
| ➤ Distanza Intergeofonica | 2,0 m |
| ➤ Lunghezza stendimento geofonico | 46 m |
| ➤ Distanza punto di shot da primo geofono "offset" | 10 m |
| ➤ Lunghezza complessiva | 56 m |

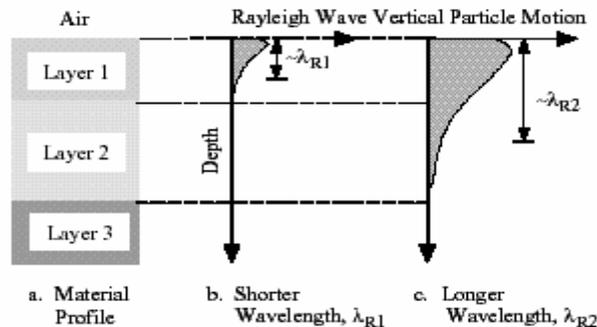
Si ricorda che data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (anche inferiori a 20 Hz), la tecnica di acquisizione per onde di superficie necessita di geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Le basi teoriche della tecnica di Acquisizione Masw (analisi ed elaborazione delle onde di superficie di Rayleigh) sono completamente diverse da quelle della sismica a riflessione o rifrazione (onde P o S).

A differenza della riflessione o della rifrazione, le cui metodiche di interpretazione si basano sui tempi di arrivo ai geofoni delle onde riflesse o rifratte (si misurano, quindi, dei tempi), nell'acquisizione con metodo Masw non è possibile caratterizzare la tecnica con un classico coefficiente geometrico che esprime la profondità di investigazione in funzione della lunghezza della stesa sismica.

Nella tecnica Masw non si misurano, infatti, dei tempi ma viene eseguita una trattazione spettrale dei sismogrammi e, mediante trasformata di Fourier, si restituisce lo spettro del segnale sismico nel dominio frequenza (f) n. d'onda (k) detto anche dominio f-k. La lunghezza dello stendimento dipende sia dal numero di ricevitori utilizzabili sia dallo spazio disponibile.

Normalmente si dispongono i ricevitori ad interasse costante compreso tra m. 0,5 e m. 3,0 (con array a parità di numero di ricevitori, un interasse di m. 3,0 consente di avere uno stendimento di ricevitori più lungo e, quindi, una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda k; in questo modo, però, si riduce il numero d'onda di Nyquist oltre cui non si ha certezza sull'affidabilità del segnale misurato. Un interasse piccolo può essere necessario in piccoli spazi; esso consente un intervallo più ampio di numeri d'onda ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda).



La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000).

La relazione che meglio consente di valutare la profondità di investigazione di un'indagine MASW è legata, più che alla dimensione dello stendimento, al valore della V_s assegnata ad una determinata profondità z dal piano campagna, calcolata in funzione della lunghezza d'onda, cioè :

$$z = \frac{\lambda}{1.5/2.0}$$

Dalle tecniche di analisi - interpretazione (analisi spettrale) mediante utilizzo del software (SWAN® vers. 2008) in seguito descritte più in dettaglio, è possibile ottenere, dal grafico "Experimental Dispersion Curve" (nel dominio Frequenza-Velocità), la lunghezza d'onda delle onde di Rayleigh caratteristiche dell'indagine eseguita; risultando, per il sito in esame, una $\lambda \approx 66$ metri, si può dedurre, a partire dalla formula sopra indicata, una profondità di investigazione pari a m. 44.0/33.0 circa.

Si evidenzia, inoltre, che con la tecnica Masw (indagine sismica non invasiva di superficie) si ottiene una modellazione del sottosuolo basandosi sulla propagazione delle onde di Rayleigh; tale tecnica viene attualmente realizzata mediante approcci multi stazioni che risultano robusti ed efficienti (Foti, 2000; Lai e Wilmski, 2005) rispetto ai primi approcci del metodo i quali si basavano essenzialmente su 2 ricevitori (Prova Sasw - Stoke et al., 1994).

Queste prove (masw-sasw) sfruttano la proprietà della dispersione geometrica che rende la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (V_R) dipendente dalla frequenza di eccitazione in mezzi verticalmente eterogenei.

L'onda di R. è un particolare tipo d'onda sismica ed è facilmente individuabile in quanto ha una velocità differente dai treni d'onda delle onde P ed S risultando più lenta anche di queste ultime, con una velocità di propagazione $V_R \approx 0,9 \div 0,96 V_s$ (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico TORINO)

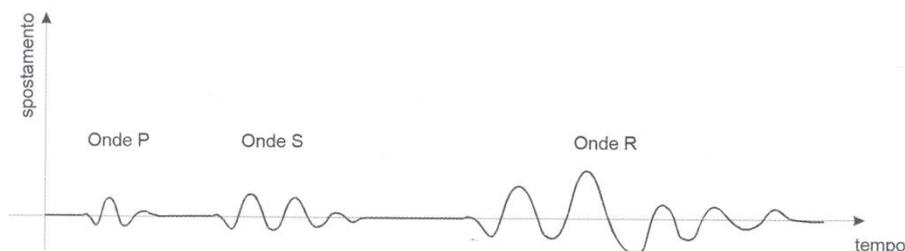


Fig. 3: sismogramma che evidenzia l'arrivo distinto di onde P, S e di Rayleigh (da Crespellani e Facciorusso "Dinamica dei terreni")

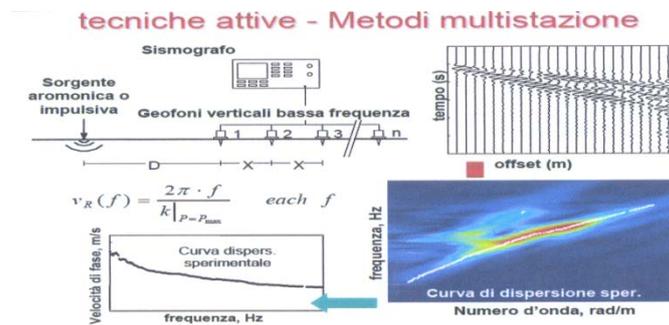
L'onda di Rayleigh si trasmette, infatti, sulla superficie libera di un mezzo isotropo ed omogeneo ed è il risultato dell'interferenza e della combinazione di onde sismiche di pressione (P-waves) e di onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione (piccolo sisma) e nel registrare le vibrazioni prodotte sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

Il profilo di V_s viene determinato attraverso la soluzione di un problema matematico di inversione della curva di dispersione (V_R in funzione della frequenza).

In un mezzo reale stratificato avviene una dispersione delle onde prodotte; in altre parole, si verifica una deformazione del treno d'onda dovuto alla variazione della velocità di propagazione con la frequenza che muta in relazione alle caratteristiche di "rigidezza" di ogni singolo strato.

Nella figura sotto riportata (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing. Territorio Politecnico di TORINO) è ben riassunto il processo di acquisizione ed il passaggio alla curva di dispersione:



Gli elementi a bassa frequenza penetrano più in profondità con velocità di fase in genere più alta rispetto alle componenti ad alta frequenza.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, visualizzato dai grafici $V(\text{fase})/f(\text{frequenza})$ è convertito in profili V_s / profondità tramite elaborazioni e programmi dedicati.

Interpretazione dati acquisiti

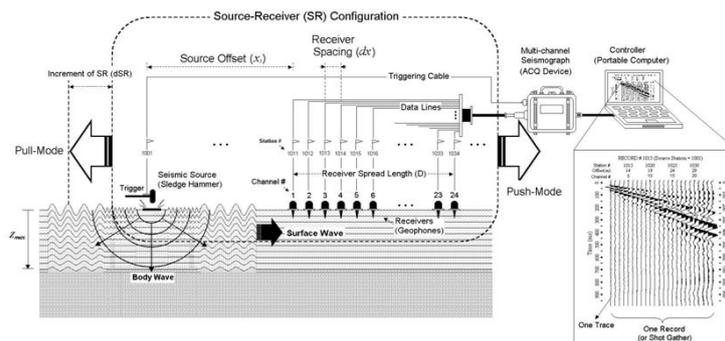
L'interpretazione delle tecniche di rilievo sismico MASW traggono spunto, come in precedenza accennato, dalle tecniche studiate da Nazarian e Stokoe (1984-94) che per primi hanno presentato il metodo SASW che utilizzava una sorgente d'impulso e 2 soli sismometri di rilevazione (1 Hz).

Tale tecnica, come d'altronde anche la Masw, è basata sul fatto che, osservando il segnale che si propaga nel suolo a seguito di una energizzazione, la quasi totalità dell'energia (circa 2/3 o più) si propaga tramite onde superficiali (onde di Rayleigh).

Per sopperire alle difficoltà d'applicazione della tecnica Sasw in diverse situazioni, Park et Alii (1999) hanno studiato e sviluppato il metodo MASW il quale si differenzia dalla succitata tecnica principalmente per l'utilizzo simultaneo di 24 o più geofoni (sismometri polarizzati verticalmente - frequenza max 4.5 Hz) per consentire di ricavare numerosi profili di velocità V_s ottenuti dallo studio delle velocità di fase dei numerosi treni d'onda di Rayleigh che sono registrati ai sismometri.

I geofoni possono essere spazati da 0,5 sino ad un massimo di circa 2 - 3 metri e forniscono una ridondanza statistica delle misure delle velocità di fase, avvalorandone quindi la veridicità (rispetto al metodo Sasw che si basava solo su un'unica misura).

Le tracce dei sismogrammi possono essere salvate nel dominio temporale; questo consente di distinguere ed evidenziare (nel record di registrazione) le onde di Rayleigh, caratterizzate da elevata ampiezza di segnale (la quasi totalità dell'energia prodotta si ripartisce nelle onde di Rayleigh).



Dal sismogramma, tramite una trasformata nel dominio frequenza (f) - numero d'onda (k) dalle tracce cui corrispondono i massimi spettrali (senza trascurare i modi superiori se presenti) si può risalire alla curva di dispersione, ossia ad un grafico ampiezza/frequenza, mediante la relazione:

$$V_R(f) = f/k.$$

che consente di individuare il segnale proprio, relativo alle onde superficiali che interessano tale metodologia.

Il processo iniziale di individuazione della curva di dispersione caratteristica del sito in esame è ottenuto tramite il software (SWAN® vers. 2008); a questo fa seguito una fase di elaborazione - interpretazione basata su di una "analisi spettrale". Si procede sostanzialmente nella risoluzione del cosiddetto problema inverso: a partire dalla curva di dispersione misurata in situ si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici secondo il seguente schema:

- concatenazione dei file contenenti i record di registrazione in situ;

- fase di pre-processing per "ottimizzare" i record stessi in modo da migliorare la qualità dell'interpretazione cioè eventuale filtraggio o "pulizia" dei dati grezzi;
- passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata FK;
- picking dei punti dello spettro per ottenere la curva di dispersione sperimentale; la procedura consiste nel trovare, per ogni frequenza, dei massimi assoluti/relativi dello spettro FK per individuare il modo fondamentale di propagazione dell'onda (ovvero quello a velocità minore), senza trascurare (analisi multimodale) di ricercare anche eventuali modi superiori;
- estrazione curva di dispersione sperimentale mediante la procedura sopra indicata dallo spettro FK;
- inversione: tale procedura è avviata allo scopo di ottimizzare un modello stratigrafico che sia relativo e sovrapponibile alla curva di dispersione sperimentale propria del sito; in tale procedura il programma **SWAN®** utilizza una tecnica di inversione lineare tipo OCCAM che presenta il vantaggio di minimizzare l'errore quadratico medio tra dati sperimentali e dati teorici. In linea generale, come in gran parte dei processi di inversione (definiti "try and error"), l'inversione viene **fermata quando un determinato parametro, definito ϵ** (cioè la differenza fra dato osservato e dato calcolato), è in genere $< 2-3\%$. L'inversione OCCAM, utilizzando differenze quadratiche medie, fornisce risultati migliori di un'inversione lineare classica dato che quando si raggiunge lo stop dell'inversione (ϵ_{MIN}), cioè un valore percentualmente molto piccolo, la sovrapposizione delle curve è davvero buona.
- fase di ottimizzazione e di taratura della curva teorica, realizzata contestualmente alla procedura d'inversione, con inserimento (eventuale) di strati sino ad un massimo di 30, assegnazione dei moduli di Poisson e taratura dello spessore degli strati mediante confronto con prove dirette (prove penetrometriche, stratigrafie di sondaggio, colonne di perforazioni di pozzi ecc.) ed eseguendo ulteriori processi di inversione allo scopo di raffinare il risultato ottenuto, cioè una curva di dispersione teorica finale molto ben sovrapposta a quella sperimentale.

L'obiettivo finale è l'ottenimento di un profilo verticale delle V_s minimizzando le imprecisioni (risultati random), definendo, quindi, un modello finale ad elevata attendibilità e fortemente rappresentativo, mediante le tarature, del reale profilo V_s /profondità del sito in analisi, come d'altronde suggerito anche da ricercatori in ambito geofisico (es. Dal Moro et alii Gruppo Esplor. Geofisica - Dip. Geol e Scienze Marine Univ. Trieste "*cosa migliore è confrontare lo spettro di velocità osservato, con le curve teoriche di dispersione di un modello che riteniamo plausibile per l'area sotto esame.*").

Considerazioni sulle tecniche di inversione:

- le tecniche d'inversione possono fornire soluzioni non univoche ma, proprio per ovviare a questa possibilità, si eseguono TARATURE con dati reali del sito (prove cpt, stratigrafie ecc) utilizzando anche parametri che esprimono la "rigidezza" degli strati individuati (es. coeff. Poisson) al fine di indirizzare l'inversione verso un modello molto vicino a quello reale;
- la funzione obiettivo (il misfit tra dato osservato e dato calcolato) è prossima a zero solo in un caso ideale di assenza di rumore; per questo motivo il sismogramma può essere trattato o filtrato per ridurre al minimo od eliminare eventuali rumori o disturbi esterni che non hanno nulla a che fare con l'onda sismica che stiamo analizzando;
- è fuorviante e sbagliato attribuire una percentuale di errore eseguendo un'operazione di alterazione delle velocità sismiche ottenute dall'esecuzione dei dettagliati processi di inversione sopra esposti (esempio attribuendo un errore globale del $\pm 10\%$, quindi alterando ad es. le velocità sismiche ottenute moltiplicando $\cdot 0,9$ le V_s dei singoli strati) perché in tal modo si **vanificherebbe** completamente l'elaborazione Masw che è stata fatta con cura ed esperienza secondo principi codificati e consolidati. Ipotizzando, infatti, che possa esistere un modello V_s /profondità analogo a quello definito con l'interpretazione corretta della prova Masw ma con velocità alterate (cioè diminuite/aumentate del 10%) si otterrebbe un Match fra curva sperimentale e teorica **completamente non attendibile**. A titolo di esempio si allegano alcune figure che illustrano tale erronea operazione di alterazione delle V_s calcolate:

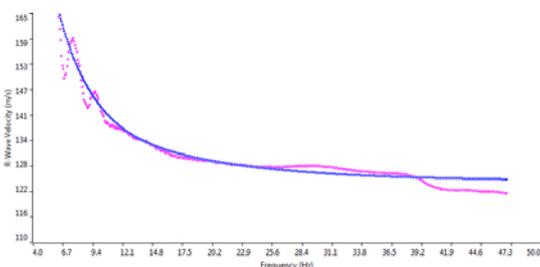


Grafico con sovrapposizione fra curva dispersione sperimentale (magenta) e curva teorica (blu) ottenuta dal processo inversione Masw dominio frequenza/velocità.
Si noti la quasi perfetta corrispondenza del fitting fra le due curve

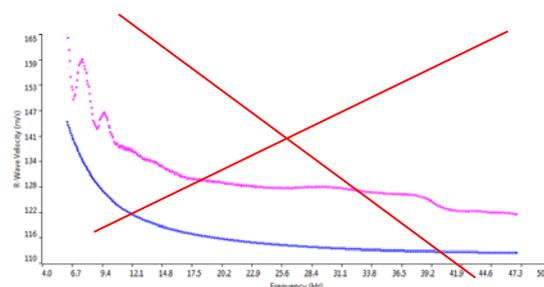


Grafico con sovrapposizione fra curva dispersione sperimentale (magenta) e curva teorica "alterata" modificando le V_s diminuendole erroneamente del 10% (blu) dominio frequenza/velocità.
Si noti la completa "sfasatura" della curva teorica sinonimo di un allontanamento dalla reale stratigrafia sismica che caratterizza il sito quindi un modello **NON ACCETTABILE**

Le curve di dispersione sopra esposte sono da considerarsi indicative e non riferite alla indagine Masw della presente relazione; sono riferite ad un generico sito con una stratificazione di 5 strati, mantenuti identici nelle 2 simulazioni, con analoghi coefficienti di Poisson assegnati (variabili fra 0.45-0.48) e $V_{s30} \approx 190$ m/sec (grafico a sinistra) e $V_{s30} \approx 170$ m/sec (grafico a destra).

Categorie di suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{sh} o per il caso in esame V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (come previsto dal D.M. 17/01/2018) sono stati esaminati i dati ottenuti dalle prospezioni sismiche di superficie, opportunamente tarati con dati stratigrafici e litologici presenti in bibliografia (pozzi, sezioni stratigrafiche ecc.) e con le risultanze delle prove penetrometriche eseguite in sito; i valori della velocità media delle onde di taglio V_s , ottenuti mediante specifica prova Masw, risultano essere:

metodo sismico attivo-MASW onde Rayleigh:

| | | | |
|------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 1° strato: | da 0,0 a 0,70 m | spessore medio 0,70 m | velocità media onde V_s 160 m/sec |
| 2° strato: | da 0,70 a 2,30 m | spessore medio 1,60 m | velocità media onde V_s 190 m/sec |
| 3° strato: | da 2,30 a 5,30 m | spessore medio 3,00 m | velocità media onde V_s 240 m/sec |
| 4° strato: | da 5,30 a 13,10 m | spessore medio 7,80 m | velocità media onde V_s 335 m/sec |
| 5° strato: | da 13,10 a 20,60 m | spessore medio 7,50 m | velocità media onde V_s 480 m/sec |
| 6° strato: | da 20,60 a $\geq 30,00$ m | spessore medio $\geq 9,40$ m | velocità media onde V_s 555 m/sec |

In base a quanto sopra, per la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione, come da All. 2 (cfr. Ord. Pres. Consiglio dei Ministri 3274 del 20-03-2003 e art. 3.2.2 DM 17-01-2018), ai vari strati sismo - stratigrafici individuati è stato associato il valore della velocità V_s direttamente misurata, ottenendo così la $V_{s,30}$, cioè la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, dall'espressione:

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

dove

h_i = spessore dello strato i-esimo
 V_{s_i} = velocità onde S nello stato i-esimo
 N = numero strati considerati

Sulla base dei dati sopra esposti:

Prospezione MASW

$V_{s30} = 370$ m/sec (da p.c. a -30 m)

Tale valore consente di ipotizzare che, in base alla misura delle onde di taglio V_{s30} , il terreno possa corrispondere alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*)

Si ricorda che, in base a quanto previsto dall'art. 3.2.2 NTC 2018, "per le fondazioni superficiali, la profondità del calcolo delle V_s è riferita al piano di imposta delle stesse mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione".

TECNOGEOFISICA SNC

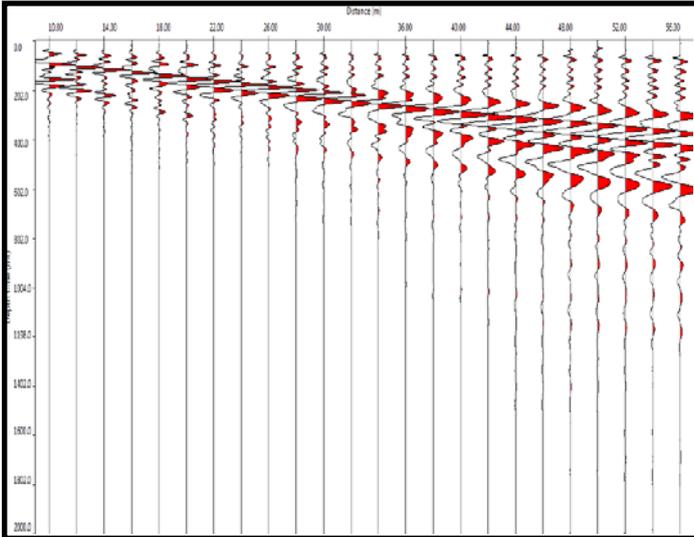
Allegati Intervento

Ubicazione indagini

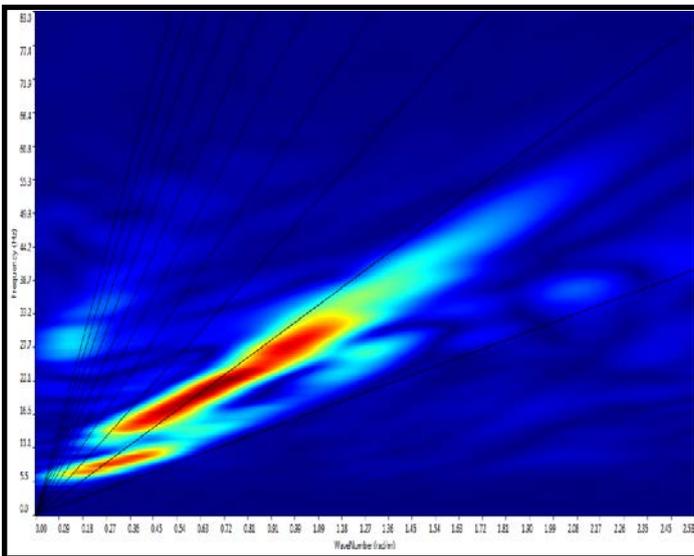


Coordinate indicative centro indagine MASW
Lat. N 44,63938
Long. E 10,30465

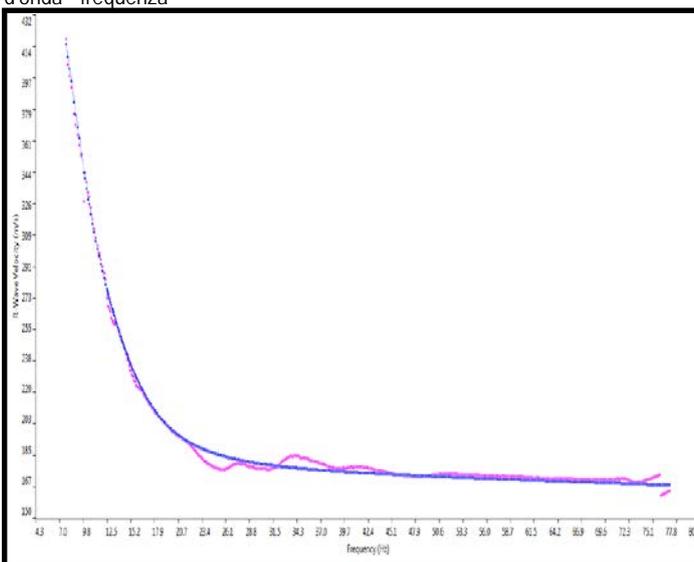
Scheda Indagine Masw



Sismogramma nel dominio spazio/tempo



Spettro FK - Rappresentazione del sismogramma nel dominio numero d'onda - frequenza



Sovrapposizione curva di dispersione calcolata / curva teorica rappresentata nel dominio Frequenza/Velocità

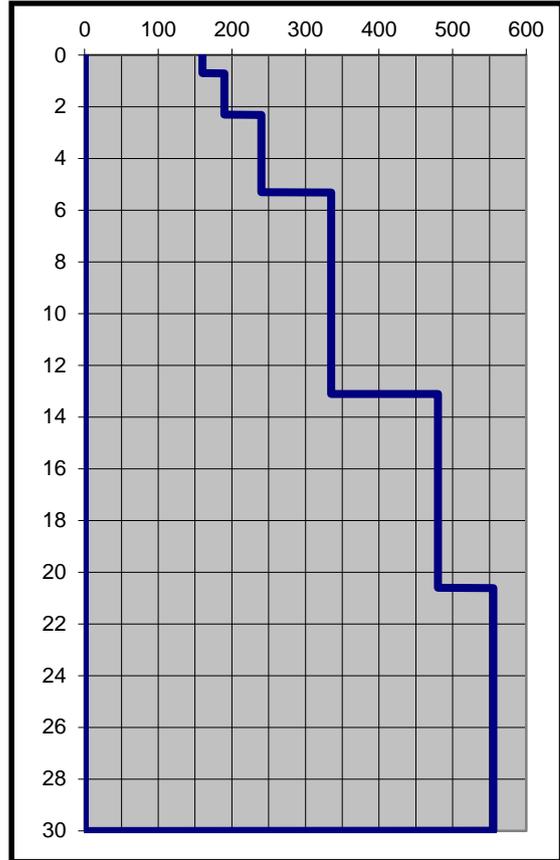


Grafico velocità/profondità onde di taglio Vs

Risultati Elaborazione MASW

| Strato | profondità | | Spessore m | Vel. m/sec |
|----------------|------------|--------|---------------|---------------|
| | da | a | | |
| Strato1 | 0.00 | 0.70 | 0.70 | 160 |
| Strato2 | 0.70 | 2.30 | 1.60 | 190 |
| Strato3 | 2.30 | 5.30 | 3.00 | 240 |
| Strato4 | 5.30 | 13.10 | 7.80 | 335 |
| Strato5 | 13.10 | 20.60 | 7.50 | 480 |
| Strato6 | 20.60 | ≥30.00 | ≥9.40 | 555 |

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

Dove:

h_i = spessore dello strato i-esimo

V_{si} = velocità onde S nello stato i-esimo

N = numero strati considerati

V_{s30} da p.c. a - 30 m = 370 m/sec

Documentazione fotografica



Piazzamento indagine MASW