



REGIONE EMILIA ROMAGNA
Provincia di Ravenna
Comune di Cervia

Variante al Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa privata,
approvato con delibera n. 83 del 12/05/2015 e s.m. n. 45 del
6/3/2018, sito a Montaletto, via del Lavoro, all'interno di un
comparto produttivo, industriale e artigianale in zona Dc7 e De5

RELAZIONE GEOLOGICA

Aggiornamenti	4				
	3				
	2				
	1				
	0	Aprile 2020	Michele dall'Olmo	Stefano Maggi	Emissione
	N	Data	Redatto	Approvazione	Descrizione


Committente: Immobiliare Elisa S.r.l.	Redatto da:  GEOTEAS s.r.l. Geologia Territorio Ambiente 
Fornitori:	

MOD PROD14 REV01

Codice Cliente:

Codice interno: 20.111

Geotea s.r.l. - via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel 051 6255377- Fax 051 4998378
e-mail: info@geoteasrl.it

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

SOMMARIO

1.	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.	PREMESSE	5
3.1.	Riferimenti cartografici	6
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
4.1.	Morfologia	7
4.2.	Litologia	7
4.3.	Idrologia	8
4.4.	Idrogeologia	9
5.	INDAGINI GEOGNOSTICHE	10
6.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
7.	RISCHIO IDRAULICO DEL SITO	15
8.	SISMICITA' DEL SITO	16
8.1.	Introduzione generale	16
8.2.	Tecnica MASW : procedura e strumentazione utilizzata	18
8.3.	Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata	18
9.	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SISMICA	21
10.	MICROZONAZIONE SISMICA	22
10.1.	Aggiornamento al DGR 630/2019	22
11.	OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI	26

ALLEGATI

DOCUMENTAZIONE GRAFICA

Tav. 1 - Ubicazione area di intervento, scala 1:5.000

Tav. 2 - Ubicazione indagine, scala 1:1.000

Tav. 3 - Carta della zonazione geotecnica, scala 1:1.000

ALLEGATO 1 - Certificati prove penetrometriche statiche (2003)


ALLEGATO 2 - Certificati prove penetrometriche statiche (2014)

ALLEGATO 3 - Sezioni geotecniche

ALLEGATO 4 - Rapporto indagine geofisica

ALLEGATO 5 - Verifica alla liquefazione

ALLEGATO 6 - Microzonazione sismica - estratto da PUG di Cervia

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

1. IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

Note identificative.

Il presente lavoro viene identificato per mezzo del codice numero di commessa interno 20.111 rev. n° 00, del nostro archivio interno.

Direzione indagini e coordinamento lavoro.


Dott. Geol. Michele Dall'Olmo

Redazione del documento.

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Michele Dall'Olmo in data 14/04/2020

Composizione del documento.

Il presente documento è formato da n. 26 fogli di testo e n 82 fogli allegati.

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 630 del 29 aprile 2019

Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017).

Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018

Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”

Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 02.02.2009

Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M.14 gennaio 2008.

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario -Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n.36 del 27.07.2007

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II :Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II :Progettazione assistita con prove in sito(2002).UNI

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I :Regole Generali -UNI

Circ. Min. LL.PP. n° 30483 24 Settembre 1988

Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;

Decreto Ministeriale 11 Marzo 1988

“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni”.

3. PREMESSE

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Società Immobiliare Elisa S.r.l., viene trasmessa la presente relazione geologica e geotecnica a corredo della Variante al Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata approvato con delibera n. 83 del 12/05/2015 e s.m. n. 45 del 6/3/2018, da attuare sull'area artigianale e industriale sita in località "Montaletto", nel Comune di Cervia.

Il Piano prevede la realizzazione di due edifici produttivi da erigersi sulle zone Dc7 e De5.




Figura 1 - Immagine del sito oggetto d'intervento; in rosso l'area di interesse specifico. (ortofoto 2014 Consorzio TeA)

La presente relazione geologica, in ottemperanza alla legislazione tecnica vigente, definisce il modello geologico del sottosuolo dell'area in cui si inserisce l'opera oggetto d'intervento, con riferimento ai caratteri geomorfologici, litostratigrafici, idrogeologici e sismici che caratterizzano il sito.

Quanto si riporta è stato definito sulla base di conoscenze dirette degli scriventi, di informazioni reperibili dalla letteratura specializzata e dalla consultazione degli strumenti di pianificazione territoriale (in particolare PUC Comune di Cervia e Servizio Geologico Sismico e dei Suoli).

A supporto di tali informazioni, per la definizione di un modello geologico di dettaglio e per la determinazione dell'azione sismica con approccio sito-dipendente, si è fatto riferimento alle seguenti campagne geognostiche:

- Maggio 2003, esecuzione n. 8 prove penetrometriche spinte alla profondità di -10,0 m dal p.c.;
- Febbraio 2012, profilo sismico mediante tecnica Masw e misura a stazione singola H/V;

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--


- Marzo 2014, esecuzione n. 2 prove penetrometriche spinte alla profondità di -20,0 m dal p.c.
L'ubicazione delle prove è riportata in Tavola 2 in allegato.
I risultati ottenuti mediante l'elaborazione dei dati acquisiti sono stati utilizzati per la costruzione del modello geologico e geotecnico del sito in oggetto.

3.1. Riferimenti cartografici

Da un punto di vista cartografico l'area in oggetto è compreso nei seguenti elaborati tecnici:

- C.T.R. della R.E.R., scala 1:10.000 Sezioni n. 241130 "Cesenatico Nord"
- C.T.R. della R.E.R., scala 1:5.000 Elementi n. 24133 "La Fornasotta" (Tav.1 allegata).

BOZZA

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1. *Morfologia*

L'area in esame si colloca nella fascia della bassa pianura, a nord-ovest della S.S. 71 bis, a una quota media di +0.60 ÷ +0.80 m. s.l.m.

L'andamento del piano di campagna è pressoché pianeggiante, con modesto gradiente verso nord-est.

Si tratta di un ambito produttivo, relativamente recente che non ha comportato rimodellamenti di rilievo, fatti salvi i locali riporti realizzati per mitigare il rischio di esondazioni e alluvionamenti.

L'intorno del sito è circondato da estesi settori che mantengono ancor oggi una vocazione agricola e un piano di campagna inalterato.

4.2. *Litologia*

I terreni che rappresentano il primo sottosuolo sono ascrivibili a depositi di piana alluvionale, costituiti da limi argillosi e limi sabbiosi e, subordinatamente, sabbie fini e finissime in strati decimetrici.

Si tratta di depositi di ambiente fluviale, in facies di canale e argine.

Considerata la loro genesi, questi litotipi sono contraddistinti da variabilità riscontrabile sia arealmente, sia verticalmente.

Dalla carta geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, a scala 1:10000, sezione 241130, toponimo Cesenatico Nord (vedi figura 2), si osserva che l'area di studio si colloca sui terreni argillosi e limosi di piana alluvionale della Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle formazioni presenti, desunta dalla suddetta cartografia geologica:

Subsistema di Ravenna (AES8): Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. L'unità comprende più ordini di terrazzo nelle zone intravallive. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è circa 20 m. Età: Pleistocene sup. - Olocene.

Unità di Modena (AES8a): ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositi alluvionali intravallivi, terrazzati (primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive), deltizi, litorali, di conoide e,

localmente, di piana inondabile. Nella costa e nel Mare Adriatico sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia passanti ad argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C Lo spessore massimo dell'unità è generalmente di alcuni metri, talora plurimetrico. Eà: Olocene.

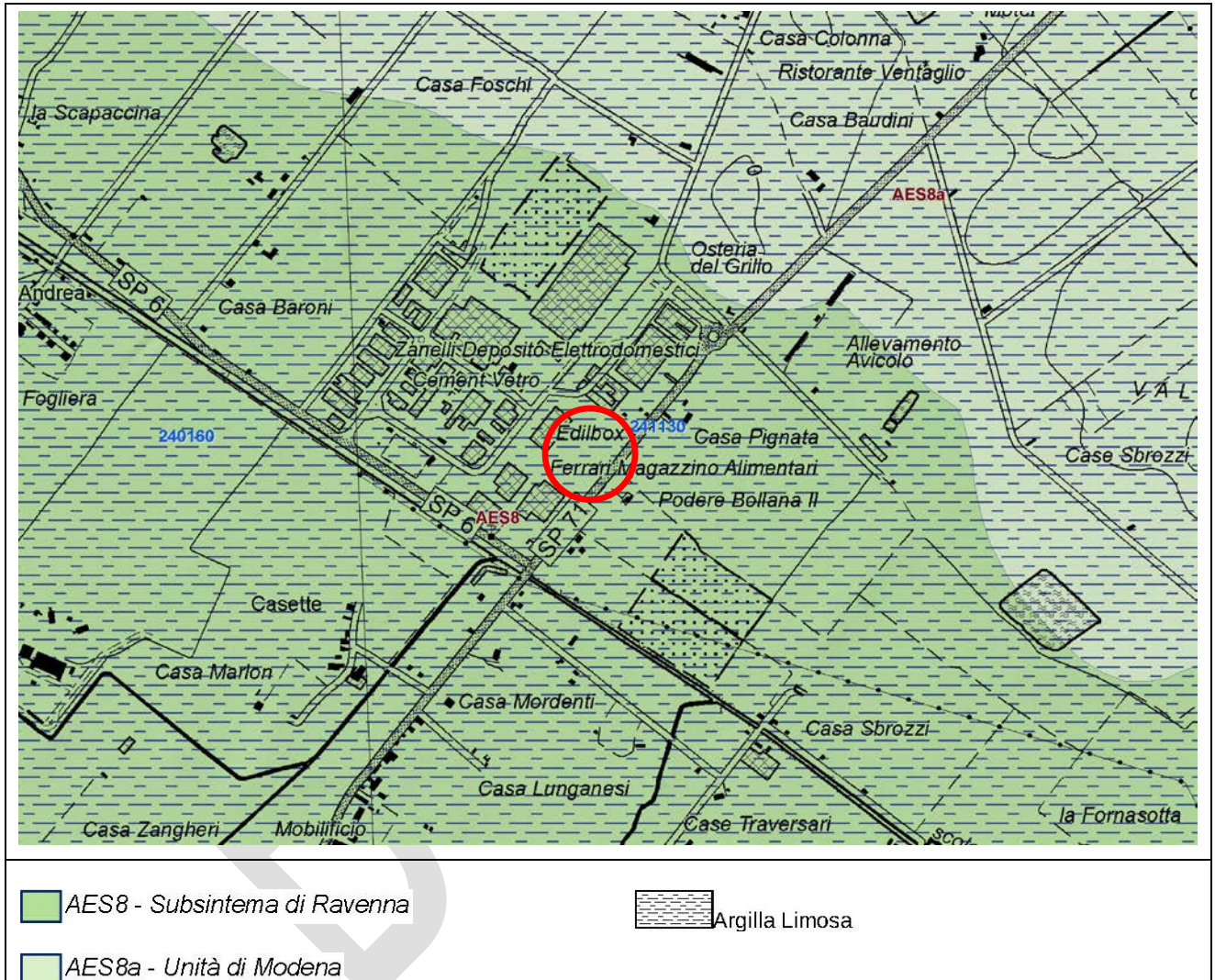



Figura 2 - Carta Geologica tratta dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna. Nel cerchio il sito in studio.

4.3. Idrologia

La rete idrografica principale del sito è rappresentata dal Fiume Rubicone e, subordinatamente da una rete di fossi e scoli, come il Granarolo, l'Amola e il Pignolo, realizzati per mitigare il rischio di alluvionamento.

In effetti, la cartografia ufficiale segnala, per quanto concerne la vulnerabilità dell'area, l'esposizione a rischio per esondazioni pluviali. Si tratta, infatti, di una valle morfologica sottoposta a scolo alternato sia naturale, sia meccanico.

In prossimità dell'area, sono inoltre segnalati diversi ventagli di rotta fluviale (crevasse) determinati nel corso

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

dei secoli dalle divagazioni dell'asta fluviale.

4.4. Idrogeologia

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica dell'area si precisa che, l'indagine svolta ad hoc nel Maggio 2003, in tutti gli otto fori di sondaggio è stata rilevata la presenza d'acqua.


I livelli idrici misurati in corrispondenza delle verticali d'indagine risultano compresi fra – 0.65 (CPT5) e – 1.15 m. (CPT6), rispetto al piano di campagna originario.

Considerato quindi il più recente riempimento eseguito con materiale inerente, per sollevare il piano di campagna, pari a 50-60 cm., la prima falda sospesa è quindi da attendersi fra –1.20 e – 1.70 m. circa rispetto al profilo attuale.

L'informazione ottenuta nel 2003 risulta mediamente correlata con i dati disponibili sull'intorno dell'area.

Va comunque precisato che, la dominanza di tessiture limose, ancor più se accompagnate da sabbia, è in grado di produrre sensibili e repentine oscillazioni del livello idrico.

BOZZA

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come premesso, allo scopo di acquisire le informazioni circa la natura litologica, idrogeologica e fisico-meccanica dei terreni che costituiscono il primo sottosuolo, nel Maggio 2003, è stata condotta un'indagine geognostica, consistita in n° 8 penetrometrie statiche (CPT), spinte fino alla profondità massima di -10.00 m. dal piano di campagna originario (quota zero delle prove).

Per comodità di consultazione si riporta la interpretazione delle prove per la cui esecuzione è stato utilizzato un penetrometro tipo "Gouda" con cella di carico da 20 tonnellate, dotato di punta conica (punta Begemann) avente angolo di apertura di 60° ed una sezione di 10 cm² e del manicotto di frizione "Friction Jacket" per la misura della resistenza d'attrito laterale locale.

La lunghezza delle aste del penetrometro è di 1.00 metro e ogni 20 cm. vengono eseguite la misura della resistenza di punta (Rp) e dell'attrito laterale locale (RI) i cui valori sono poi riportati, in forma diagrammatica, negli appositi moduli allegati.

Nel grafico figurano:

- 1) La curva di resistenza alla punta "Rp" che si riferisce ai valori della resistenza offerta dal terreno all'avanzamento della punta conica, che esprimono quindi i valori dei carichi di rottura dei materiali attraversati.
- 2) La curva di resistenza di attrito laterale "RI" che si riferisce alla resistenza di attrito locale misurata mediante il manicotto di frizione.
- 3) La curva "Rp/RI" dalla quale si può risalire alla litologia dei terreni attraversati secondo la teoria del Begemann (1965), dell'A.G.I. (1977) e dello Schmertmann (1978).

CPT 1/2003

da - 0.00 a - 0.40 m.
da - 0.40 a - 1.00 m.

da - 1.00 a - 9.20 m.

da - 9.20 a -10.00 m.

terreno della coltre vegetale

materiali argillosi

(Rp = 8 - 13 Kg/cm²)

argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi

(Rp = 10 - 28 Kg/cm²)

argille e argille-limose di discreta consistenza

(Rp = 31 - 40 Kg/cm²).

CPT 2/2003

da - 0.00 a - 0.40 m.
da - 0.40 a - 0.60 m.

da - 0.60 a - 8.20 m.

da - 8.20 a -10.00 m.

terreno della coltre vegetale

materiali argillosi di bassa consistenza

(Rp = 6 - 8 Kg/cm²)

argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi

(Rp = 12 - 29 Kg/cm²)

si segnala un livello scadente a - 5.60 m.

(Rp = 9 Kg/cm²)

argille e argille-limose di discreta consistenza

(Rp = 26 - 38 c Kg/cm²).

CPT 3/2003

da - 0.00 a - 0.40 m.
da - 0.40 a - 0.80 m.

da - 0.80 a - 1.80 m.


terreno vegetale

materiali argillosi di bassa consistenza

(Rp = 6 - 7 Kg/cm²)

argille e argille-limose

(Rp = 16 - 18 Kg/cm²)


<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

da - 1.80 a - 3.20 m.	limi-sabbiosi e sabbie fini limose (Rp = 22 - 35 Kg/cm ²) argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi (Rp = 13 - 27 Kg/cm ²) argille e argille-limose di discreta consistenza (Rp = 25 - 37 Kg/cm ²).
da - 3.20 a - 8.80 m.	
da - 8.80 a -10.00 m.	
CPT 4/2003	
da - 0.00 a - 0.40 m.	terreno vegetale materiali argillosi (Rp = 8 - 13 Kg/cm ²) argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi (Rp = 11 - 29 Kg/cm ²) argille e argille-limose di discreta consistenza (Rp = 24 - 35 Kg/cm ²).
da - 0.40 a - 0.80 m.	
da - 0.80 a - 8.60 m.	
da - 8.60 a -10.00 m.	
CPT 5/2003	
da - 0.00 a - 0.40 m.	terreno vegetale materiali argillosi di bassa consistenza (Rp = 5 - 8 Kg/cm ²) limi argillosi e sabbiosi alternati a sabbie fini limose (Rp = 15 - 36 Kg/cm ²) argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi (Rp = 15 - 29 Kg/cm ²) argille e argille-limose di discreta consistenza (Rp = 25 - 35 Kg/cm ²)
da - 0.40 a - 1.00 m.	
da - 1.00 a - 3.60 m.	
da - 3.60 a - 9.40 m.	
da - 9.40 a -10.00 m.	
CPT 6/2003	
da - 0.00 a - 0.40 m.	terreno vegetale materiali argillosi (Rp = 13 - 20 Kg/cm ²) argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi (Rp = 11 - 30 Kg/cm ²) argille e argille-limose di discreta consistenza (Rp = 29 - 37 Kg/cm ²).
da - 0.40 a - 2.00 m.	
da - 2.00 a - 8.40 m.	
da - 8.40 a -10.00 m.	
CPT 7	
da - 0.00 a - 0.40 m.	terreno vegetale materiali argillosi (Rp = 10 - 19 Kg/cm ²) argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi (Rp = 11 - 33 Kg/cm ²) argille e argille-limose di discreta consistenza (Rp = 25 - 35 Kg/cm ²).
da - 0.40 a - 2.00 m.	
da - 2.00 a - 8.40 m.	
da - 8.40 a -10.00 m.	
CPT 8/2003	
da - 0.00 a - 0.40 m.	terreno vegetale materiali argillosi (Rp = 12 - 19 Kg/cm ²) argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi (Rp = 13 - 32 Kg/cm ²) argille e argille-limose di discreta consistenza (Rp = 29 - 36 Kg/cm ²).
da - 0.40 a - 2.00 m.	
da - 2.00 a - 8.40 m.	
da - 8.40 a -10.00 m.	

I grafici delle penetrometrie con le relative elaborazioni sono riportati in allegato.

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica dell'area esaminata si precisa che, al termine dell'indagine, in tutti i fori di sondaggio, è stata riscontrata una falda idrica sospesa, il cui livello si colloca fra -0,65 e -1,15 m rispetto al piano di campagna attuale.

In corrispondenza della verticale d'indagine CPT7, pur avendo accertato la presenza d'acqua, non è stato

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

possibile misurarne il livello di soggiacenza, essendosi verificata l'occlusione del foro di sondaggio a 0,45 m. Va sottolineato che questa prima falda sospesa è alimentata dalle acque meteoriche e quindi il suo livello è suscettibile di sensibili variazioni in funzione delle precipitazioni.

Al fine di ottemperare alla Delibera Assemblea Legislativa della regione Emilia Romagna. n.112/2007, nel marzo 2014 sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT), spinte fino alla profondità massima di – 20.00 m. dal piano di campagna.

Anche in questo caso, nel grafico figurano:

- 1) La curva di resistenza alla punta "qc" che si riferisce ai valori della resistenza offerta dal terreno all'avanzamento della punta conica, che esprimono quindi i valori dei carichi di rottura dei materiali attraversati.
- 2) La curva di resistenza di attrito laterale "fs" che si riferisce alla resistenza di attrito locale misurata mediante il manicotto di frizione.
- 3) La curva "qc/fs" dalla quale si può risalire alla litologia dei terreni attraversati secondo la teoria del Begemann (1965), dell'A.G.I. (1977) e dello Schmertmann (1978).

CPT 1/2014

da - 0.00 a - 0.80 m.

da - 0.80 a - 1.20 m.

da - 1.20 a - 8.80 m.

da - 8.80 a -10.80 m.

da -10.80 a -15.80 m.

da -15.80 a -20.00 m.

terreno della coltre vegetale e di riempimento
argille e argille-limose con livelli scadenti
(qc = 6 - 9 Kg/cm²)

argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi
(qc = 12 - 26 Kg/cm²)

argille e argille-limose di discreta consistenza
(qc = 27 - 37 Kg/cm²).

argille-limose e limi-argillosi, localmente sabbiosi
(qc = 11 - 22 Kg/cm²)

argille limo-sabbiose di discreta consistenza
(qc = 16 - 39 Kg/cm²)

CPT 2/2014

da - 0.00 a - 0.80 m.

da - 0.80 a - 9.60 m.

da - 9.60 a -11.00 m.

da -11.00 a -15.80 m.

da -15.80 a -20.00 m.

terreno della coltre vegetale e di riempimento
argille-limose e limi-argillosi localmente sabbiosi
(qc = 11 - 23 Kg/cm²)

argille e argille-limose di discreta consistenza
(qc = 26 - 36 Kg/cm²).

argille-limose e limi-argillosi, localmente sabbiosi
(qc = 10 - 25 Kg/cm²)


argille limo-sabbiose di discreta consistenza
(qc = 19 - 46 Kg/cm²)

Le due prove mostrano una discreta correlazione con i risultati delle prove precedenti.

L'interpretazione di tutti i sondaggi a disposizione è schematizzata nelle tre sezioni allegate, nelle quali vengono anche riportati gli intervalli di resistenza penetrometrica, per livelli omogenei di terreno.

L'ubicazione dei sondaggi, compresi gli otto svolti nel maggio 2003 e la prospezione sismica del febbraio 2012, sono riportati, insieme alle elaborazioni di dettaglio a fondo testo.

Per quanto inerisce alla situazione idrogeologica si precisa che, al termine della presente campagna

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--


geognostica, come da aspettative, è stata individuata la prima falda sospesa, il cui livello si colloca fra -1.60 e -1.70 m rispetto al piano campagna attuale.

Bisogna ricordare che le CPT svolte nel 2003 avevano quota zero riferita al p.d.c. pre-lavori, mentre per i due più recenti sondaggi bisogna considerare l'innalzamento con riporto del piano di campagna, al fine di arginare il rischio di allagamento (circa 50 – 60 cm).

Pertanto, alle ultime misure e ai fini del confronto, è necessario sottrarre lo spessore del riempimento (almeno 50 cm.).

Sono così stati ottenuti livelli piezometrici mediamente compresi fra -1.10 e -1.20 m., se riferiti al piano di campagna originario e, pertanto, del tutto confrontabili con la prima campagna di letture.

BOZZA

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In base al controllo incrociato dei grafici delle prove CPT eseguite nel 2003 e dei sismostrati desunti dal profilo MASW, sono state definite le unità geotecniche riportate di seguito. Si tenga presente che, a seguito del riempimento, il piano di campagna (all'epoca quota zero dei sondaggi) è stato elevato di circa 50 – 60 cm.

Pertanto, nella prima unità, tale pacchetto è stato accorpato al terreno alterato superficiale.

U.G	Prof.	Lit.	γ	qc	Cu
A	0.0-1.0	R/P	-----	-----	-----
B	1.0-1.6	ALS	1.85	5-20	2.5-1.0
C	1.6-2.6	ALS	0.90	5-20	2.5-1.0
D	2.6-10.0	ALS	0.90	10-33	5.0-13.2
E	10.0-10.6	ALS	0.90	24-40	9.6-16.0

Prof= profondità dal piano campagna (espressa in m)

Lit = litologia dominante (R/P= riporto o terreno vegetale, ALS = argille-limose e limi argilloso-sabbiosi)

γ = peso dell'unità di volume del terreno (espresso in t/m³)

Cu = coesione non drenata (espressa in t/m²)


Nel 2014, sulla scorta delle penetrometrie, sono state elaborate tre sezioni geologiche schematiche che riportano gli intervalli di valori della resistenza di punta (qc).

Sulla base di queste stesse è stata sviluppata una carta (vedi tavola 3 allegata) che riporta la zonizzazione geotecnica dei terreni investigati con i valori medi di qc alla quota di imposta delle fondazioni (circa -1,60 m dal p.c.)

Sulla scorta delle sezioni elaborate, vengono riportati, per livelli omogenei, quote e valori medi della resistenza di punta:

0.00 – 0.80 m. da p.d.c.	----
0.80 – 8.50 m. da p.d.c.	qc = 10 -30 Kg/cm ²
8.50 –11.00 m. da p.d.c.	qc = 25 -35 Kg/cm ²
11.00 –15.80 m. da p.d.c.	qc = 10 -20 Kg/cm ²
15.80 - 20.00 m. da p.d.c.	qc = 16 -40 Kg/cm ²

Gli elaborati di dettaglio sono riportati in allegato.

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	 <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p>
--	---	---

7. RISCHIO IDRAULICO DEL SITO

Per approfondire gli aspetti legati al rischio idraulico a cui è esposto il sito, si è fatto riferimento al Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Romagnoli.

Particolare riguardo è stato posto alla perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (scala 1:25.000)-TAVV. 240 NE, SE – 241 NO, SO, da cui si evince che l'area in oggetto è esposta a potenziale allagamento e, pertanto, è soggetta all'articolo 6 delle Norme di Piano.

L'analisi deriva dall'esame della variante al titolo II – "Assetto della rete idrografica" – riferita alle tavole indicate sopra.

L'ambito d'interesse è suscettibile di allagamento per effetto delle piene del reticolo minore e di bonifica o, anche, di sormonto arginale a causa delle piene dei corsi principali con tempo di ritorno inferiore ai 200 anni.

Per mitigare il rischio di esposizione di queste aree, la realizzazione di nuovi manufatti e sottoservizi, deve essere subordinata alla riduzione della vulnerabilità.


A tal fine, l'Autorità di Bacino ha definito (20/10/13) i tiranti idrici di riferimento, fornendo, nel contempo, indicazioni, accorgimenti e livelli di cautela da adottare.

L'obbiettivo da parte dell'ente di riferimento, in relazione agli strumenti urbanistici, è chiaramente quello di limitare e, se possibile, evitare l'esposizione di beni e, ancor più, di persone, al rischio di esondazione.

Ulteriori informazioni di carattere idrologico, idraulico o topografico possono comportare, da parte dell'Autorità di Bacino, modifiche delle perimetrazioni attualmente approvate e disponibili.

Restringendo il campo al sito in esame e in merito a tale norma, la committenza ha già da tempo provveduto a richiedere (e ottenere) regolare autorizzazione e realizzare così un rilevato, costituito da materiale inerte, dello spessore medio di 50-60 cm.

Ciò, al fine di innalzare il piano di campagna originario, potenzialmente suscettibile di allagamenti e esondazione e ridurre, quindi il rischio di esposizione.

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

8. SISMICITA' DEL SITO

Per ricavare la categoria di sottosuolo è stata eseguito un profilo sismico in array con tecnica masw e una misura a stazione singola con tecnica H/V (HVSR)

8.1. Introduzione generale

La tecnica MASW venne introdotta per la prima volta nell'ambito della comunità geofisica e geotecnica agli inizi del 1999. La Multichannel Analysis of Surface Waves è un metodo sismico mediante il quale è possibile costruire un profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) in relazione alla profondità (V_s versus profondità), attraverso l'analisi delle onde superficiali tipo Rayleigh (onde R). Tale tecnica permette quindi di ottemperare a quanto previsto nelle NTC 2018 secondo le quali i terreni, su cui devono essere eseguite opere edili di una certa rilevanza, devono essere classificati sulla base del parametro $V_{s,eq}$.

Come riportato nel capitolo 3.2.2 delle NTC, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel paragrafo 7.11.3 delle NTC. 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 a 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 di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità 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 profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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 $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Esistono diversi tipi di onde superficiali, oltre alle già citate onde di Rayleigh (P+Sv), si conoscono le onde di

Love (Sh) e le onde di Lamb. Le onde di Rayleigh rappresentano la componente principale delle onde superficiali e sono generate dall'interazione tra onde di compressione (o di volume) P e onde di taglio verticali Sv ogniqualvolta si è in presenza di una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Le onde R si propagano alla superficie libera (vedi Fig. 1) con un moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte alla profondità di $\lambda/2\pi$ dove λ è la lunghezza d'onda). L'ampiezza di tale spostamento decresce secondo una legge esponenziale, pertanto diviene rapidamente trascurabile con la profondità.

L'utilizzo delle onde superficiali di tipo Rayleigh per la costruzione di un profilo di velocità delle onde di taglio Vs è giustificato da una serie di fattori:

- La percentuale di energia convertita in onde R è nettamente predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione di onde P (7%) e onde S (26%);

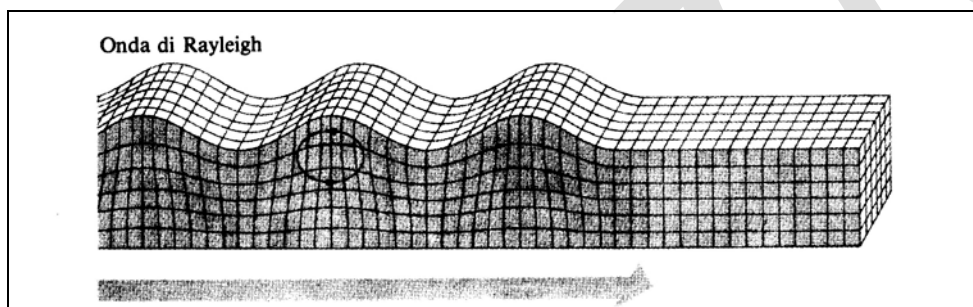



Figura 3 - Modalità di propagazione delle onde R

- il metodo d'analisi basato sulle onde R non è limitato, al contrario del metodo basato sulla rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
- buona risoluzione, a differenza della tecnica a riflessione;
- la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla Vp (velocità delle onde di compressione P) e dalla densità del mezzo, è funzione innanzitutto della Vs che rappresenta appunto il parametro fondamentale per la caratterizzazione geotecnica di un sito;
- la tecnica in questione è inoltre particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

Tenuto conto dei fattori sopraelencati, l'elemento fondamentale che permette l'impiego di tecniche basate sulle onde superficiali, in questo caso la tecnica MASW e le onde Rayleigh, è una caratteristica chiamata dispersione. La dispersione è una proprietà delle onde superficiali che consiste nella deformazione di un treno d'onde dovuta alla variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza. Per le onde R questa variazione si manifesta solo all'interno di un mezzo stratificato. In altre parole, ipotizzando una variazione di densità del terreno in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga con una differente velocità (velocità di fase), e quindi con una diversa lunghezza d'onda; questa proprietà si chiama appunto dispersione.

La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda λ (e quindi per una certa frequenza ν) è

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda/2$ (anche se recenti studi hanno posto questo limite a $\lambda/2.5$). Inoltre, la velocità delle onde R (V_r) è pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_s).

Secondo quanto detto appare chiaro come la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s , ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, sia una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

8.2. Tecnica MASW: procedura e strumentazione utilizzata

La procedura MASW si può sintetizzare in tre stadi successivi e distinti:

- acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- costruzione della curva di dispersione: grafico velocità di fase V_r – frequenza ν
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della V_s .

La prima fase è stata eseguita mediante una serie di energizzazioni ottenute tramite salto (caduta di un grave), spaziate tra loro di 3.00 m. Ogni energizzazione viene registrata dal tromografo modello Tromino Engy. Quest'ultimo è dotato di un connettore laterale a cui è collegato un sistema chiamato trigger composto da un cavo e da un geofono starter. Rispetto alle procedure standard di prospezione, questa appena descritta risulta essere rovesciata, ovvero consiste nel tenere fisso il punto di registrazione e di spostare il punto di energizzazione.


Mediante il software si procede alla lettura dei dati acquisiti (common-shot gather) e al calcolo dello spettro nel dominio frequenza – numero d'onda (spettro f-k). Quindi, dallo spettro f-k è possibile estrarre la curva di dispersione apparente sperimentale (si veda fig. 2 nel rapporto in allegato) mediante una doppia trasformata di Fourier applicata al campo di moto misurato nel dominio spazio - tempo.

L'ultimo passo da affrontare è l'inversione della curva di dispersione precedentemente costruita. Questa operazione viene effettuata grazie all'utilizzo di una potente tecnica di ottimizzazione basata su algoritmi genetici. Il risultato finale è quello di ottenere il profilo verticale della velocità delle onde di taglio V_s .

L'elaborazione dei dati acquisiti, avvenuta mediante software Grilla, è riportata in dettaglio nel rapporto d'indagine allegato alla presente relazione.

8.3. Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu\text{m/s}$). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia et al., 2007). La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 15-20 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

elettro/meccanico.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale, "TROMINO ENGY" (Micromed S.p.A.) dotato di 3 canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ~1.5 mm/s); il sistema opera nell'intervallo di frequenze 0.1–1024 Hz. E' stata acquisita una misura di rumore sismico per un tempo di registrazione pari a 20 minuti. L'elaborazione dei dati di rumore sismico acquisiti è avvenuta mediante software Grilla.

Nella sottostante tabella è riportato il modello di sottosuolo proposto, ottenuto mediante fit congiunto prova masw in array e misura HVSR (si veda rapporto in allegato).

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.50	1.50	130
5.00	3.50	166
7.00	2.00	150
17.00	10.00	196
37.00	20.00	230
57.00	20.00	260
inf.	inf.	260

Tabella 1 – Profilo verticale delle onde di taglio S relativo al modello di sottosuolo ottenuto da fit congiunto prova MASW in array e misura HVSR.


Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2. II delle NTC, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Considerato che nei primi 30 m di sottosuolo non è stato riconosciuto un substrato costituito da roccia o terreno molto rigido caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s., la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$.

Sulla base di quanto riportato in tabella, la Categoria di suolo determinata unicamente sulla base dei risultati delle prove geofisiche descritte (media ponderata della velocità equivalente di propagazione delle onde S entro i primi 30 m di profondità) secondo approccio semplificato da NTC 2018 è risultata:

- **da quota p.c. su cui è stato eseguito il profilo: C ($V_{s,eq} = V_{s30} = 195$ m/s)**

L'analisi delle frequenze di risonanza naturali del sito investigato, eseguita nel Febbraio 2012, mediante tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio; Tromografo digitale modello Tromino Engy), non ha

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

evidenziato la presenza di significative amplificazioni locali del moto del suolo per risonanza stratigrafica.


Ciò in tutto l'intervallo di frequenze analizzato, compreso fra 0.1 e 64 Hz.

Escludendo frequenze maggiori di 20-30 Hz, rappresentative del primo metro circa dal piano campagna, la curva sperimentale HVSR, ottenuta con la registrazione in sito del microtremore sismico ambientale, appare caratterizzata solo da deboli irregolarità e modeste deviazioni dalla planarità legate alla presenza di stratificazioni nel sottosuolo a contrasto d'impedenza molto basso.

Una debole amplificazione locale del moto del suolo è stata registrata a frequenze molto basse, dell'ordine di 0.2-0.3 Hz (picco H/V molto basso).

La curva HVSR registrata a febbraio 2012 è riportata in allegato.

BOZZA

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

9. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SISMICA

Per quantificare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni investigati, per ognuna delle dieci prove penetrometriche statiche eseguite è stata reiterata la verifica del coefficiente di sicurezza.


La verifica è stata eseguita utilizzando il metodo proposto da Seed e Idriss (1982) che, oltre ad essere uno dei più utilizzati, è di facile impiego in quanto richiede un numero limitato di parametri geotecnici.

Le specifiche elaborazioni sono riportate nei fogli di calcolo allegati.

Dalla disamina dei risultati ottenuti è possibile constatare come i fattori di sicurezza siano superiori al coefficiente di sicurezza previsto, pari a 1,3; i valori minimi conseguiti si mantengono sempre al di sopra di 1,6.

Pertanto è possibile affermare che l'area interessata dall'intervento edilizio non denota una predisposizione alla liquefazione sismica.

BOZZA

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

10. MICROZONAZIONE SISMICA

Il comune di Cervia ha adottato a corredo del PUG (Piano Urbanistico Generale) vigente lo studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 ai sensi della DGR regionale n. 2193/2015, contenuta nel documento *“Relazione Descrittiva dello Studio di Microzonazione Sismica – SR1”*.

Questo studio ha consentito di suddividere il territorio comunale in:

- zone “stabili”
- zone “stabili suscettibili di amplificazione → a loro volta suddivise in aree a diverso raso di amplificazione da quantificare con analisi numeriche di RSL e/o semplificate (abachi)
- zone “instabili” → a loro volta suddivise in “zone suscettibili di instabilità” con stima della pericolosità in termini quantitativi

I risultati degli studi sono fondamentalmente riconducibili alla carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e alla cartografia di Microzonazione Sismica (MS).

Per l’area di intervento è stata elaborata una scheda di sintesi del modello numerico di Risposta Sismica Locale (RSL) riferita alla Zona Industriale di Montaletto, che riportiamo in allegato (*Modello SHAKE MS Cervia – Z.I. MONTALETTO*).

I fattori di amplificazione riportati sono quelli indicati dalla DGR regionale n. 2193/2015:

- FA PGA → rapporto tra la massima ampiezza dell’accelerazione su affioramento rigido e la massima ampiezza dell’accelerazione alla superficie del deposito (PGA/PGA₀). Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento D e dal rapporto tra l’impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;
- FA SI - intensità spettrale di Housner → indicatore della pericolosità sismica, definito come l’area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità per determinati periodi dello scuotimento. Sono determinati i fattori di amplificazione per i tre intervalli di periodo: FA_{0,1-0,5s} FA_{0,5-1,0s} FA_{0,5-1,5s}.

Per quanto riguarda gli approfondimenti relativi alle “zone di attenzione” per liquefazione le prove eseguite per lo studio di MS hanno permesso di calcolare il Fattore di Sicurezza nei confronti della Liquefazione (FSL) e la stima dell’Indice di Potenziale Liquefazione (IL o LPI).


Questo ultimo parametro è stato calcolato per una profondità “critica” fino a 20 metri di profondità.

Per la zona industriale Montaletto i valori di IL o LPI risulta sempre inferiore a 1 (potenziale basso) con cedimenti post-sisma contenuti (max 4,00 cm). Si allegano gli elaborati tratti dallo studio di MS.

10.1. Aggiornamento al DGR 630/2019

In questo paragrafo si riportano, in forma numerica tabellare, i coefficienti di amplificazione sismica rappresentativi dell’amplificazione stratigrafica del moto del suolo attesa per il sito in oggetto, aggiornati secondo quanto indicato dalla normativa regionale vigente DGR 630/2019 per la Regione Emilia-Romagna.

La stima di tali coefficienti è stata eseguita sulla base dei risultati ottenuti dall’Analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) mediante *Terzo Livello di Approfondimento*, descritta precedentemente. L’analisi RSL in questione viene totalmente recepita dallo studio di MS a corredo del PUG vigente, con riferimento ai risultati

<p>Immobiliare Elisa S.r.l.</p>	<p>Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)</p>	
--	---	--

ottenuti per la Zona industriale di Montaletto (*Modello SHAKE MS Cervia – Z.I. MONTALETTO*) dal Gruppo di Lavoro per la *Zonazione Sismica* (Dott. Geol. Samuel Sangiorgi).

Di seguito si elencano i coefficienti sismici attraverso i quali viene quantificata l'amplificazione sismica di natura stratigrafica per il sito in oggetto aggiornati alla DGR 630/2019 (naturalmente l'amplificazione di origine topografica viene trascurata dato l'assetto pianeggiante del sito in studio):

- **FA_{PGA}** (PGA/PGA₀) dove PGA₀ è l'accelerazione massima orizzontale a periodo T=0 al suolo di riferimento e PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo T=0 alla superficie del sito (spettro di output calcolato);
- **FA = SA/SA₀**, dove SA₀ è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: **SA1** per 0,1s≤T≤0,5s, **SA2** per 0,4s≤T≤0,8s, **SA3** per 0,7s≤T≤1,1s, **SA4** per 0,5s≤T≤1,5s;
- **FH = SI/SI₀**, dove SI₀ è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e SI l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: **SI1** per 0,1s≤T≤0,5s, **SI2** per 0,5s≤T≤1,0s, **SI3** per 0,5s≤T≤1,5s;
- **H_{SM}** (Naso et al., 2019) = parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (cm/s²) e dato dal prodotto del parametro ASI (*Acceleration Spectrum Intensity - ASI_{UHS}*) che rappresenta il valore integrale dello spettro di riferimento (al bedrock) in accelerazione nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 s (ΔT = 0.4 s) moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato nello stesso intervallo di tempo:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

- Scuotimento atteso al sito in valore assoluto (cm/s²) calcolato anche nei periodi 0.4-0.8 s (**H₀₄₀₈**); 0.7-1.1 s (**H₀₇₁₁**) e 0.5-1.5 s (**H₀₅₁₅**).

Gli spettri utilizzati per la stima dei coefficienti sopraelencati sono stati:

- **Spettro di risposta elastica in accelerazione:** spettro **MEDIO** di output calcolato alla superficie del sito e spettro di riferimento al bedrock come da DGR 630/2019 (stima di FA_{PGA}, FA (SA/SA₀), H_{SM}, H₀₄₀₈, H₀₇₁₁, H₀₅₁₅);
- **Spettro di risposta elastica in velocità:** spettro **MEDIO** di output calcolato alla superficie del sito e spettro di riferimento al bedrock come da DGR 630/2019 (stima di FH=SI/SI₀).

Si ricorda che tali spettri sono stati ricavati utilizzando i tre accelerogrammi di input indicati dalla normativa regionale (000046xy; 000126xy; 000354 xy), normalizzati e scalati alla pericolosità sismica di base del sito in oggetto (Accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento rigido orizzontale di tipo A come da NTC 2018 $a_{refg} = 0.179$ g e Tempo di Ritorno $T_R = 475$ anni). Lo spettro MEDIO di output, sia in accelerazione che in velocità, deriva appunto dalla media dei singoli spettri di output associati ai tre accelerogrammi sopraccitati.

Gli spettri sopraccitati sono riportati graficamente nelle seguenti figure.

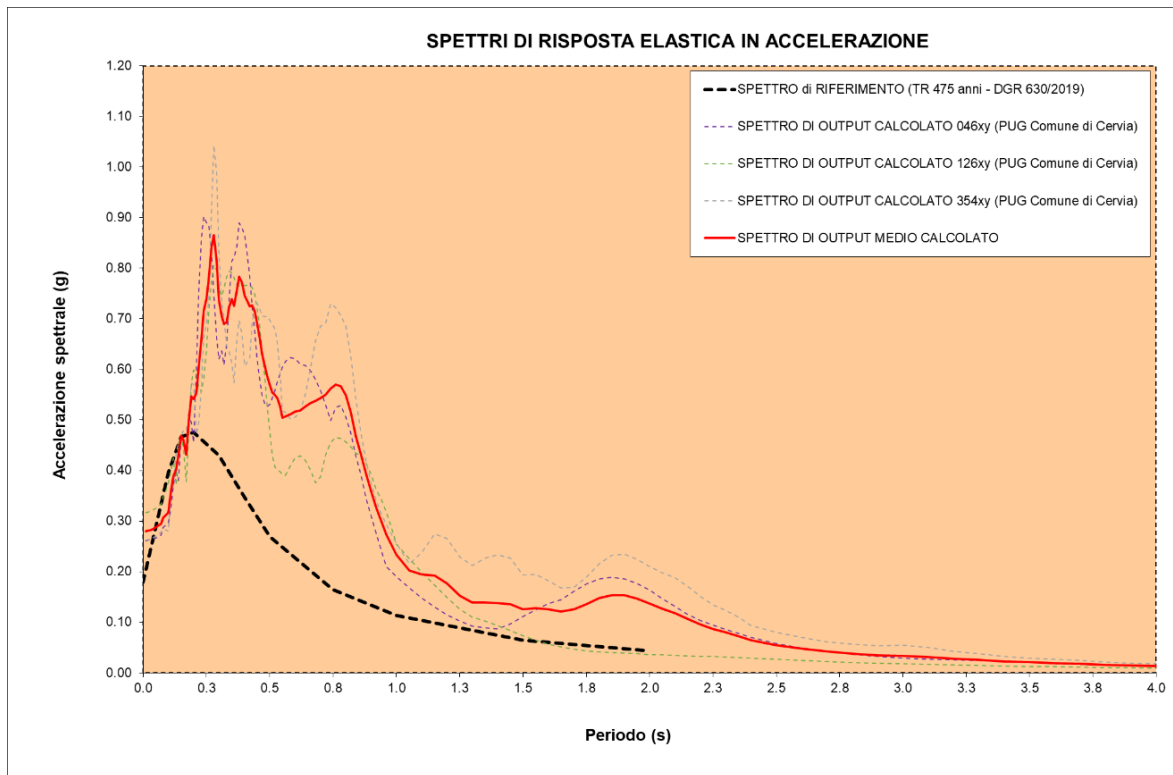


Figura 4– Spettri di risposta in **accelerazione** alla superficie del sito (Spettro MEDIO in rosso) e al bedrock (spettro di riferimento in nero tratteggiato)

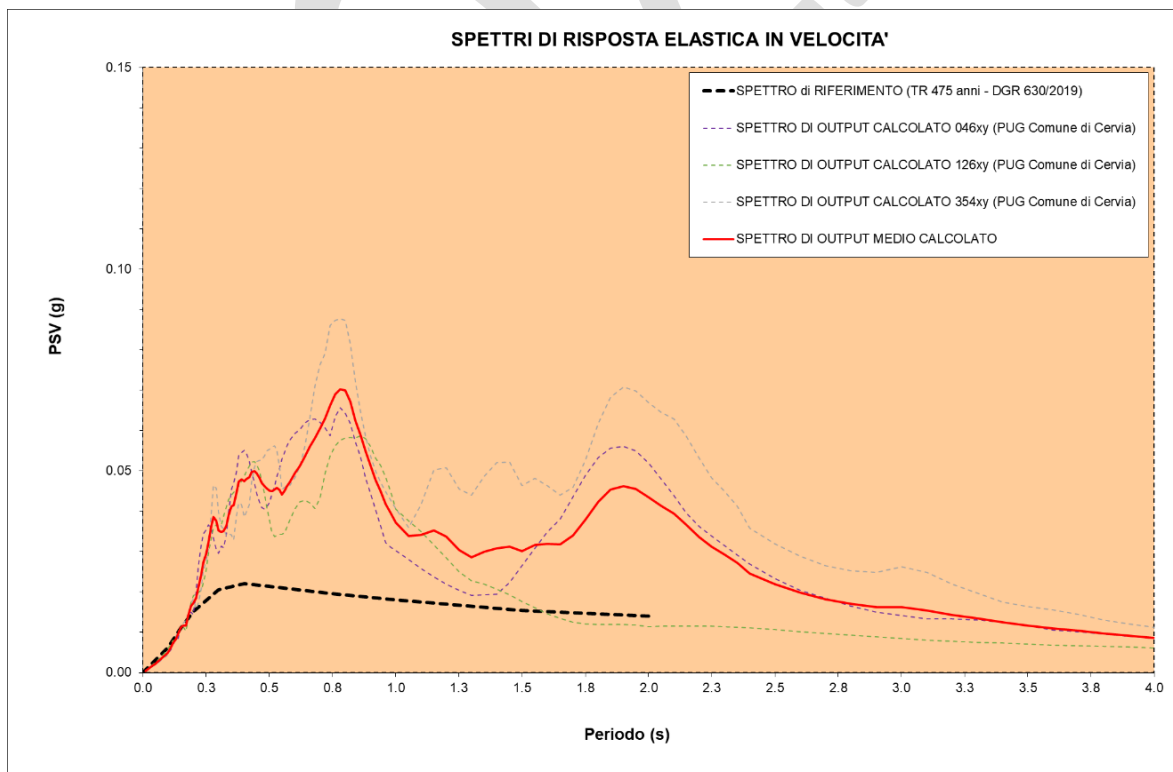




Figura 5 - Spettri di risposta in **velocità** alla superficie del sito (Spettro MEDIO in rosso) e al bedrock (spettro di riferimento in nero tratteggiato).

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

Sulla base degli spettri medi e degli spettri di riferimento di *figura 4* e *figura 5*, nella sottostante tabella si riportano i coefficienti sismici calcolati che quantificano l'amplificazione sismica e lo scuotimento atteso alla superficie del sito per cause di natura stratigrafica:

Z.I. Montaletto - Cervia (RA) Coefficienti sismici per amplificazione stratigrafica secondo DGR 630/2019 Emilia-Romagna		
FA_{PGA}	PGA/PGA₀	1.56
FA (SA/SA₀)	SA1	1.60
	SA2	2.28
	SA3	2.98
	SA4	2.44
FH (SI/SI₀)	SI1	1.80
	SI2	2.80
	SI3	2.40
Scuotimento atteso in valore assoluto (cm/s²)	H_{SM}	640.95
	H₀₄₀₈	561.01
	H₀₇₁₁	370.27
	H₀₅₁₅	312.18

Tabella 2 – Coefficienti sismici per l'amplificazione stratigrafica stimati secondo DGR 630/2019 Regione E-R

Immobiliare Elisa S.r.l.	Variante al PUA di iniziativa privata zona Dc7 e De5 del comparto produttivo, industriale e artigianale In via del Lavoro, Montaletto Comune di Cervia (RA)	
---------------------------------	--	--

11. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI

Nel territorio del comune di Cervia, nella zona industriale Montaletto, è stato definito il modello geologico e i caratteri sismici del sito in esame.

Nell'area in studio è interessata dalla Variante al Piano Urbanistico Attuativo che prevede la realizzazione di due edifici produttivi da erigersi sulle zone Dc7 e De5.

Il modello geologico del sottosuolo dell'area in cui s'inserisce l'opera in progetto è stato preliminarmente descritto sulla base di conoscenze dirette degli scriventi e di informazioni reperibili dalla letteratura specializzata e della consultazione di strumenti di pianificazione territoriale.

L'area investigata è situata nella fascia della bassa pianura a una quota media di $+0.60 \div +0.80$ m. s.l.m.

I terreni che rappresentano l'immediato sottosuolo dell'area sono ascrivibili a sedimenti di genesi fluviale, di tessitura fine, ovvero argille e limi accompagnati da sabbie fini, in tenore variabile.

L'indagine geofisica eseguita ha permesso di ascrivere i terreni alla categoria di sottosuolo C, con $V_{s,30}$ pari a 195 m/s

La zona risulta attualmente stabile. Alla luce dei risultati delle prove in sito, delle considerazioni e dei rilievi condotti nei luoghi interessati dall'intervento, si ritiene che l'area sia idonea alla realizzazione dell'opera in progetto.

San Lazzaro di Savena (BO), 14/04/2020

Dott. geol. Michele Dall'Olmo