

PROCEDURA RISTRETTA LP/154/2020

ATTIVITÀ F/11/20

OSPEDALE CIVILE DI BAGGIOVARA

**LOCAZIONE FINANZIARIA
FINALIZZATA ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA,
COSTRUZIONE, MANUTENZIONE E CONDUZIONE DI UN IMPIANTO DI
TRIGENERAZIONE ED AMMODERNAMENTO, REVISIONE,
MANUTENZIONE E CONDUZIONE DELL'IMPIANTO DI
COGENERAZIONE ESISTENTE**

1.8 – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Dott. Geol.
Marco Boccaletti
Cell 328/0037410
mail: info@marcoboccaletti.it
pec: marcoboccaletti@pec.it
P.IVA: 02543030353
C.F.: BCCMRC84S19D037G
Sede operativa:
Via Terracini 22,
41012 Carpi (MO)

Regione Emilia-Romagna

Provincia di Modena

Comune di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI:

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA:

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI:

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO

Committente:

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA

Azienda Ospedaliero – Università di Modena

Via del Pozzo 71 – Modena.



Titolo progetto:

AMMODERNAMENTO E AMPLIAMENTO DELL'IMPIANTO DI COGENERAZIONE. AREA OPERATIVA

CENTRO – OSPEDALE CIVILE DI BAGGIOVARA, MODENA. PROGETTO F/11/20.



Dott. Geol. Marco Boccaletti

Revisione:	Rev.0
Data:	Gennaio 2021
Redazione:	Dott. Geol. Marco Boccaletti

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

INDICE

Indice	1
Introduzione	2
Premessa	2
Inquadramento geografico - territoriale.....	2
Tipologia progettuale delle opere.....	3
Elaborati grafici ed allegati	3
Note e riferimenti bibliografici	4
Relazione geologica: caratterizzazione e modellazione del sito.....	5
Contesto geologico - strutturale	5
Contesto geomorfologico	6
Contesto geologico locale	8
Cenni di idrogeologia	9
Inquadramento idrogeologico	9
Schema idrogeologico Regionale	9
Considerazioni sul primo acquifero [acquifero A].....	9
Soggiacenza primo acquifero.....	10
Vulnerabilità del primo acquifero.....	11
Rilevazioni del battente idrico sotterraneo	11
Pericolosità geologica e geomorfologica.....	11
Analisi idraulica ai sensi della dgr 1300/2016.....	12
Relazione sulla pericolosità sismica ed analisi dell'azione sismica	14
Storia sismica del sito	14
Analisi degli strumenti di pianificazione territoriale	20
Sicurezze del territorio – P.T.C.P. Modena	20
Carta delle mops – Microzonazione sismica II° livello P.S.C.	20
Applicabilità della dgr 630/2019.....	22
Azione sismica di progetto (D.M. 17/01/2018)	22
Identificazione categoria suolo di fondazione	23
Coefficienti di accelerazione sismica.....	24
Frequenza primaria terreni di fondazione.....	24
Analisi suscettibilità alla liquefazione.....	25
Relazione geotecnica sulle indagini: modellazione del sito.....	27
Successione litomeccanica	27
Caratterizzazione geomeccanica dei terreni	28
Tipologia e piano di posa fondale.....	29
Verifica agli stati limite ultimi – capacità resistente dei terreni	29
Parametri per la verifica allo scorrimento del piano di posa fondale.....	31
Accorgimenti generali da adottarsi in fase esecutiva:	31
Appendice I: incertezze interpretative e metodologiche relative alla ricostruzione del modello geologico – geotecnico - sismico.	32
Appendice II: riferimenti normativi.....	33

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

INTRODUZIONE

PREMESSA

Su incarico del **Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, Azienda Ospedaliero – Università di Modena**, in località Baggiovara di Modena, è stata svolta una campagna d'indagini geognostica e geofisica per individuare i caratteri geologici, idrogeologici, geotecnici e dinamici dei terreni costituenti il primo sottosuolo. Le verifiche condotte sono finalizzate all'*ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione, presso l'area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena*.

Le presenti analisi sono state svolte in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 17/01/2018.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - TERRITORIALE

Il comune di Modena si colloca pressoché in posizione centrale rispetto alla provincia di cui è capoluogo. Attraversando da nord verso sud il suo territorio comunale si osserva come il paesaggio tipico della media pianura padana, caratterizzata da una conformazione topografica spiccatamente pianeggiante, lascia spazio a superfici subpianeggianti, degradanti prevalentemente in direzione sud ovest - nord est.

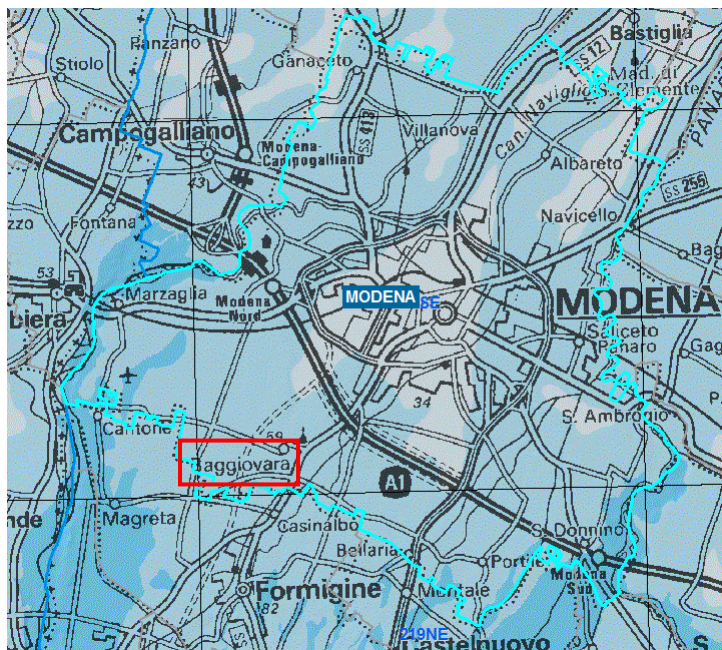
Il territorio comunale, presenta un'estensione complessiva pari a 183,0 km² e confina a nord con i comuni di Carpi, Soliera, Bastiglia e Bomporto, a ovest con Campogalliano, Rubiera e Casalgrande, a sud con Formigine, Castelnovo Rangone e Spilamberto, infine, ad est con S. Cesario sul P., Castelfranco E. e Nonantola.

Nello specifico, l'area oggetto di studio si ubica in corrispondenza dell'estremo comparto meridionale del territorio comunale, in località Baggiovara, in adiacenza al limitrofo territorio comunale di Formigine. Il toponimo CTR di riferimento è Stallone.

L'area di studio si presenta pianeggiante, anche a seguito dell'attività antropica, e le quote oscillano tra 54,0 ÷ 55,0 m s.l.m.

Cartografia di riferimento

Foglio 1:50000	201	Modena
Tavoletta 1:25000	201SE	Modena
Sezione 1:10000	201150	Modena sud ovest
Elemento 1:5000	201153	Baggiovara



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il D.M. 17/01/2018, le coordinate geografiche, espresse secondo l'**ellissoide ED50**, relative circa al centro dell'area d'intervento corrispondono a:

$$10,87418 \div 44,60421$$

TIPOLOGIA PROGETTUALE DELLE OPERE

L'intervento in progetto, secondo le indicazioni dello studio di progettazione, è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri.

Classe	Vita nominale	Coefficiente d'uso	Vita di riferimento
II	50 anni	1,0	50 anni

ELABORATI GRAFICI ED ALLEGATI

- Tav. 1. Ubicazione dell'area.
- Tav. 2. Estratto carta geologica.
- Tav. 3. Ubicazione indagini in situ.
- Allegato fotografico: indagini in situ.
- Prospezione geofisica integrata Re.Mi. – M.A.S.W.
- Prospezione geofisica a stazione singola HVSR.
- Prove penetrometriche statiche CPT Rm.
- Analisi statistica prove penetrometriche statiche CPT Rm.
- Verifica alla suscettività a liquefazione.
- Verifica al collasso terreno fondazione.

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

NOTE E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 1) **A.G.I.P.** (1969): *Italia II- Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta – Enciclopedia del petrolio e del gas naturale*. ENI.
- 2) **A.G.I.P.** (1981): *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. CNR.
- 3) **AMMINISTRAZIONE COMUNE DI CARPI** (2013): *Studio di Microzonazione sismica*. Relazione tecnico illustrativa a cura di Arkigeo di Gasparini Dott. Geol. Giorgio.
- 4) **BEGEMANN, H.K.S.P.** (1965): *The frictional jacket cone as an aid in determining the soil profile*, Proceedings, 6th Int. Conf. Soil Mech. Fdn. Engr S. Montreal.
- 5) **BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA. VV.** (2004): *Carta sismo tettonica della Regione Emilia-Romagna*. S.E.L.C.A. Firenze.
- 6) **BOSELLINI A. – MUTTI E. – RICCI LUCCHI F.** (1989): *Rocce e Successioni Sedimentarie*. UTET.
- 7) **CARTA GEOLOGICA D'ITALIA** alla scala 1:50000 (2009): *Foglio 181 Parma nord*. Note illustrative. ISPRA - Servizio geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- 8) **CARTA GEOLOGICA D'ITALIA** alla scala 1:50000 (in stampa): *Foglio 182 Guastalla*. Note illustrative. ISPRA - Servizio geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- 9) **CARTA GEOLOGICA D'ITALIA** alla scala 1:50000 (2014): *Foglio 200 Reggio nell'Emilia*. Note illustrative. ISPRA - Servizio geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- 10) **CARTA GEOLOGICA D'ITALIA** alla scala 1:50000 (2009): *Foglio 201 Modena*. Note illustrative. ISPRA - Servizio geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- 11) **CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA ED AREE LIMITROFE** (2017): Note illustrative. RER - Servizio geologico, sismico e dei suoli - Regione Emilia-Romagna.
- 12) **CASADIO M., ELMI C.** (1995 e 2006): *Il manuale del geologo*, Pitagora Editrice, Bologna.
- 13) **CIVITA M.** (2005): *Idrogeologia applicata e ambientale*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.
- 14) **COLOMBO P.** (1974): *Elementi di geotecnica*, Zanichelli, Bologna.
- 15) **DAL MORO G.** (2012): *Onde di superficie in geofisica applicata – Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- 16) **DISS Working Group** (2018). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- 17) **LOCATI M., CAMASSI R. E STUCCHI M.** (a cura di) (2015). *BDMI15*, la versione 2015 del *Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>
- 18) **MARTELLI L., ROMANI M.** (2013): *Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della Pianura emiliana di Maggio Giugno 2012. Relazione illustrativa* (Ordinanza del commissario delegato – Presidente RER n° 70/2012).
- 19) **NORI L., DI MARCANTONIO P.** (2014): *Manuale pratico di risposta sismica locale – Dal sismogramma allo spettro di progetto con Rexel e Strata*, EPC Editore, Roma.
- 20) **PROVINCIA DI MODENA** (2009): *Piano di tutela e coordinamento Provinciale* – Sito internet: <http://www.territorio.provincia.modena.it/page.asp?IDCategoria=121&IDSezione=2869>
- 21) **R.E.R.–SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI, SEZ. CARTOGRAFIA INTERATTIVA** (2007) – *Sito Internet*: <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia.htm>, Bologna.
- 22) **R.E.R.–SERVIZIO GEOLOGICO, DIFESA DEL SUOLO, COSTA E BONIFICA** (2016): *Cartografia delle Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni relative al territorio della Regione Emilia-Romagna* – *Sito Internet*: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/cartografia#tavole%20pdf%20PGRA>

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

RELAZIONE GEOLOGICA: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO

CONTESTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

L'area in esame appartiene alla Pianura Padana costituita da una sequenza deposizionale compresa tra la catena appenninica a sud e quella alpina a nord, che forma un'ampia e profonda depressione di sedimenti di età Mesozoica, Terziaria e Quaternaria.

La storia deformativa, a carattere essenzialmente compressivo, congiuntamente alle variazioni climatiche che si sono susseguite, ha contribuito a definire l'architettura dei depositi marini e continentali di riempimento del Bacino Padano.

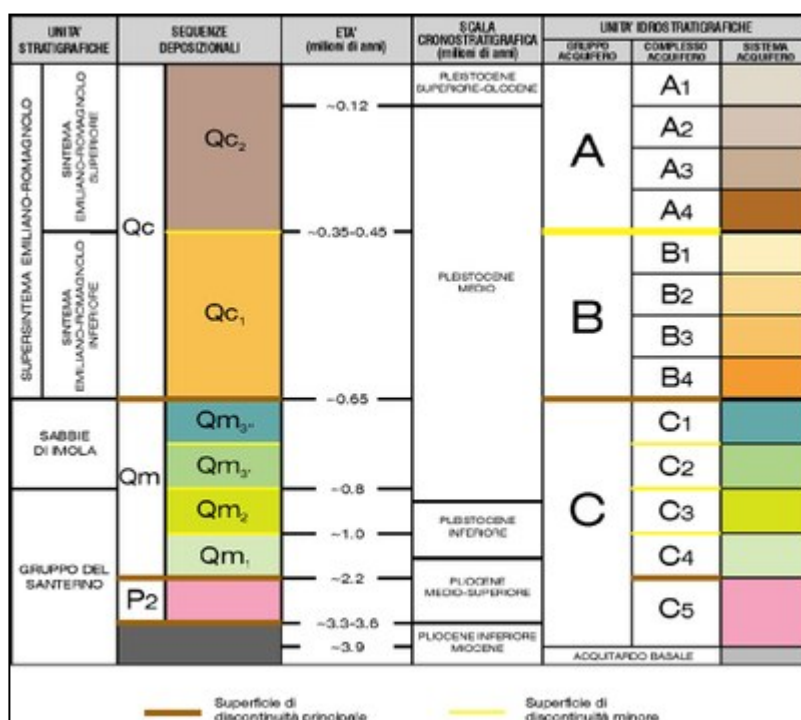
Nello specifico, il comparto territoriale in analisi è legato allo sviluppo della catena appenninica, costituita da una struttura a falde caratterizzata dalla sovrapposizione di elementi paleogeografici più interni su elementi più esterni. Infatti, l'attuale conformazione del Bacino Padano è riconducibile alle spinte compressive le quali, a partire dal *Miocene sup.* hanno interessato l'Appennino settentrionale e l'antistante substrato padano. L'avanzamento delle falde appenniniche ha determinato sprofondamenti flessurali nell'antistante avampaese padano ed il formarsi di un bacino subsidente con lo sviluppo dell'avanfossa padano adriatica.

A seguito dell'abbassamento del livello del mare, avvenuto durante il *Messiniano*, e la conseguente crisi di salinità, a partire dal *Pliocene* si verifica una generale trasgressione marina con la conseguente deposizione di importanti orizzonti pelitici e, nelle zone più profonde, di sequenze torbiditiche.

Il riempimento progressivo del Bacino Padano prosegue nel *Pleistocene*, con l'inizio di un nuovo ciclo sedimentario costituito da successioni marine via via meno profonde [Quaternario marino, Qm].

Infine, a partire dal *Pleistocene medio* si verifica il passaggio da un ambiente marino ad uno continentale, costituito da depositi clastici messi in posto dalle alluvioni dei fiumi alpino-appenninici e dal Po [Quaternario Continentale, Qc]. Si riscontra, infatti, la troncatura al tetto dei depositi marini ed il conseguente contatto erosivo con depositi sabbioso-ghiaiosi alluvionali del Pleistocene medio-superiore.

Nei pressi dell'area di studio, la base del Pliocene si pone ad una profondità prossima a 1000 m di profondità e tende ad approfondirsi procedendo verso nord. Risalendo in superficie, il letto della porzione sommitale dei depositi quaternari alluvionali [Sintema Emiliano – Romagnolo Superiore (AES)] è si pone a profondità variabili tra - 50 ÷ - 100 m slm.



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

La disamina dei profili sismici realizzati da AGIP ha permesso di riconoscere nel sottosuolo la presenza di archi di accavallamento legati all'evoluzione del bacino di avanfossa padano – adriatico generato in seguito alla collisione e subduzione di crosta continentale. Dette strutture, presentanti orientazione generale NO – SE nel settore occidentale ed O – E in quello orientale, sono costituite da pieghe anticlinali e *thrusts*, separate da sinclinali, e guidano la migrazione progressiva verso nord – est dell'avanfossa plio- pleistocenica.

Nello specifico, l'area in esame, da un punto di vista strutturale, si colloca in quella porzione di pianura Padana sottesa tra la "Zona delle Pieghe pedeappenniche" (emiliano - romagnole), a sud, e la *Dorsale Ferrarese*, a nord.

La successione dei depositi quaternari affioranti nella zona in analisi è rappresentata dagli orizzonti di seguito descritti, dall'alto in basso in senso stratigrafico.

Serie Litostratigrafica:

SUCCESSIONE NEOGENICO - QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) (Pleistocene medio? – Olocene)

Unità alluvionale da grossolana a fine con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell'alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI.

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica base: 11.000-8.000 anni)

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m.

UNITA' DI MODENA (AES8a) (Post-VI secolo dC.)

Depositi ghiaiosi e fini. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e grigio-giallastro. Corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (<10 m).

Ciascun corpo sedimentario ivi descritto è caratterizzato, al suo interno, da un trend trasgressivo – regressivo; tra i cicli riconosciuti nel sottosuolo, il più recente è costituito solamente dalla porzione basale trasgressiva, la quale corrisponde ai primi 20 m circa di sottosuolo.

I terreni del primo sottosuolo dell'area in analisi risultano ascrivibili al Sintema di Ravenna (**AES8**), il quale è costituito da sedimenti fini negli apparati dei torrenti minori e/o distali.

CONTESTO GEOMORFOLOGICO

Le modificazioni morfologiche del territorio in oggetto sono conseguite a processi tettonici ed alle mutazioni dei fattori climatici che hanno generato condizioni di equilibrio dinamico differenziate in funzione dei tipi di clima che si sono avvicendati.

Questi ultimi, mediante l'azione delle acque incanalate, hanno prodotto fasi alterne di sedimentazione ed erosione che hanno progressivamente modificato gli aspetti del paesaggio.

L'assetto geomorfologico del territorio in esame è legato essenzialmente alle passate vicende fluviali del T. Cerca, il cui attuale tracciato fluviale si colloca a 500/550 m procedendo in direzione est, e quelle del Fiume Secchia, il cui alveo dista 6,5 km procedendo in direzione ovest.

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Le forme del paesaggio riscontrabili sono quelle tipiche dell'alta pianura Padana; la superficie topografica risulta subpianeggiante, solo a tratti blandamente acclive, con pendenze medie locali del $5,0 \div 6,0$ ‰, tendenzialmente declinanti in senso sud ovest – nord est. Le quote del piano campagna, all'intorno del sito in analisi, sono comprese tra 54,0 e 55,0 m s.l.m.

Detta zona, risulta costituita da sequenze di livelli limoso - sabbiosi – argillosi, all'interno delle quali si trovano intercalate strutture lentiformi ghiaioso sabbiose e ghiaioso argillose.

L'ambiente deposizionale, all'interno del quale si sono depositi i materiali costituenti il primo sottosuolo dell'area di studio [Subsistema di Ravenna AES8] risulta quindi riconducibile a condizioni di piana inondabile.

La pronunciata dinamica della passata attività alluvionale nel territorio, unita a quella strutturale, è testimoniata dalla presenza di numerose morfosculture riscontrabili sul territorio.

A testimonianza di quanto sinora esposto, in riferimento all'elaborato grafico "Tav. AG.3 Geomorfologia", redatto a cura di A-Team Progetti Sostenibili, del Dott. Geol. V Franchi e Dott. Geol. A. Ghinai (2018), l'area in esame si colloca in stretta adiacenza alla terminazione distale orientale di una conoide alluvionale, la cui età, secondo le datazioni svolte, risalirebbe ad un periodo compreso tra il Neolitico antico e l'Età del Bronzo recente.

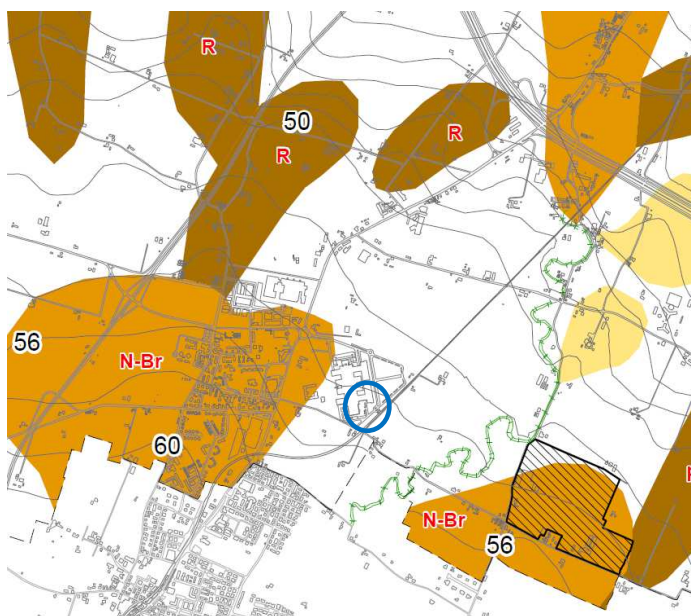
Una forma analoga del paesaggio, ma di dimensioni più ridotte, è individuabile in destra idrografica del T. Cerca.

Procedendo verso nord, in prossimità del margine meridionale dell'asse autostradale è cartografata la porzione apicale della principale, per estensione, conoide alluvionale. Tale forma del paesaggio, contraddistinta da una spiccata simmetria, si estende, infatti, per oltre 5 km in direzione nord, e la sua porzione distale centrale si pone in corrispondenza del cimitero di San Cataldo. Il suo aspetto è il risultato di svariati episodi alluvionali iniziati tra l'età tardo antica/ alto medioevo che si sono protratti sino all'età pre-Romana.










All'interno del comparto meridionale del territorio comunale di Modena sono, inoltre, identificabili forme del paesaggio in leggero rilievo rispetto al piano di campagna circostante. Tali elementi, denominati dossi fluviali, si contraddistinguono per un aspetto stretto ed allungato e dipartono dal piede delle conoidi individuandone precedenti percorsi.

Infine, in prossimità dell'area di studio, in corrispondenza dell'area sottesa tra l'abitato di Baggiovara e l'asse viario autostradale, in destra idrografica del T. Cerca, sono presenti due differenti ventagli di esondazione.

Oltre all'acqua di scorrimento occorre aggiungere l'azione dell'uomo, il quale attraverso bonifiche, canalizzazioni, urbanizzazioni, ecc. ha modificato ulteriormente l'aspetto del paesaggio.



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Forme legate alla dinamica fluviale	Datazione delle forme fluviali
 Area con tracce di corso d'acqua a canali intrecciati	N-Br dal Neolitico antico all'età del Bronzo recente
 Area depressa	Fe età del ferro
 Area golenale	pR età pre-romana
 Conoide	R età romana
 Dosso fluviale	tA-aM dall'età tardo-antica all'alto medioevo
 Paleoalveo ben definito a livello della pianura	 Orlo di scarpata
 Paleoalveo mal definito a livello della pianura	
 Ventaglio d'esondazione	

CONTESTO GEOLOGICO LOCALE

Superato l'orizzonte antropico superficiale, il quale si protrae generalmente sino a $-0,8 \div -1,0$ m da p.c., le indagini penetrometriche hanno evidenziato marcate variazioni litologiche laterali all'interno del corpo sedimentario di copertura che sovrasta il primo orizzonte ghiaioso e/o ghiaioso sabbioso.

Le unità riconosciute sono, quindi, state differenziate sulla base dei valori di resistenza alla punta (q_c), della resistenza ad attrito laterale locale (f_s), del rapporto di *Begemann* (q_c/f_s) e, infine, del grado di sovraconsolidazione delle medesime.

In relazione a quanto esposto, è stato riscontrato quanto segue:

- in corrispondenza di CPT1 e CPT3, il primo terreno naturale risulta costituito da litotipi limoso argillosi e/o argilloso limosi e, subordinatamente, limosi a medio basso grado di consistenza; la base di tale unità si pone ad una profondità variabile tra $-3,6 \div -4,0$ m da p.c. All'interno della sequenza principale [UGT1], esclusivamente sulla verticale CPT1, è stata intercettata una lente sabbiosa - sabbioso limosa a medio basso grado di addensamento [UGT1sl], il cui spessore risulta circa pari a $40 \div 60$ cm.
- la restante verticale CPT2, invece, ha evidenziato la presenza di litotipi limosi, limoso sabbiosi e/o sabbioso limosi a medio grado di consistenza, con sottili intercalazioni limoso argillose [UGT1bis]; tale orizzonte si protrae sino a $-2,6$ m da p.c.
- la sequenza sedimentaria prosegue, dunque, mantenendo accentuata la variabilità litologica laterale; infatti, sulle verticali CPT1 e CPT2 sono state riconosciute alternanze argilloso limose – limoso argillose, talora limoso e limoso sabbiose [UGT2]. Sulla restante verticale CPT3, invece, sono stati identificati materiali limosi, limoso sabbiosi a medio grado di consistenza [UGT2bis].

A partire da $-4,6 \div -6,4$ m da p.c., è stato intercettato il tetto del primo significativo corpo ghiaioso e/o ghiaioso-sabbioso (**UGT3**); l'elevato grado di addensamento ha determinato, inoltre, il rifiuto all'avanzamento su tutte le verticali d'indagine geognostica.

La sequenza descritta risulta, quindi, in accordo con il contesto geologico – geomorfologico precedentemente descritto.

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

CENNI DI IDROGEOLOGIA

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area in analisi appartiene al Bacino Idrogeologico Padano, compreso tra la catena alpina, a nord, quella appenninica, a sud, e terminante circa 50 km ad est della Costa Adriatica.

Detto complesso è costituito dai depositi clastici del Quaternario Continentale, i quali sono assemblati ed impilati in un'alternanza di livelli più o meno permeabili. I rapporti stratigrafici di suddetti orizzonti risultano decisamente complessi.

Le formazioni acquifere della zona in oggetto risultano costituite prevalentemente dagli apporti distali dei fiumi appenninici.

SCHEMA IDROGEOLOGICO REGIONALE

In base alla serie geologica, ricavata utilizzando i dati litostratigrafici pubblicati da AGIP, sono stati definiti i lineamenti strutturali e le caratteristiche idrogeologiche delle formazioni geologiche, schematicamente discretizzabili come di seguito esposto:

A - Quaternario Continentale: è formato prevalentemente da ghiaie con livelli di sabbie ed argille. Si tratta di un complesso a permeabilità primaria variabile, sia in senso verticale che laterale. Da quanto esposto appare evidente che esiste la possibilità di un multiacquifero o un acquifero a permeabilità verticale variabile.

B - Quaternario Marino: presenta un quadro idrogeologico diverso rispetto al precedente: si riscontra infatti una maggiore continuità nella sedimentazione essendo cambiato l'ambiente deposizionale; prevalgono in questa fase i sedimenti più fini, con qualche intercalazione sabbioso ghiaiosa. Tale caratteristica si riscontra anche nel Calabrianese ed in tutto il Pliocene medio superiore. I sedimenti prevalentemente argillosi hanno uno spessore di 400 ÷ 1400 m. Questo livello può essere considerato impermeabile con la presenza di orizzonti sabbiosi permeati da acque fossili ipersaline.

C - Pliocene inferiore e la parte sommitale del Miocene: sono caratterizzati da fitte alternanze di argille e sabbie, oppure marne e sabbie. In questo caso la successione è assimilabile ad un multiacquifero, che può essere considerato come un acquifero a permeabilità variabile sia sulla verticale, alternanze di granulometria dei sedimenti, che lateralmente, dovuta alla differenziazione delle facies che sono legate agli andamenti strutturali. La potenza di questa unità è valutata sui 1400 metri circa e costituisce l'*acquitard* di base.

CONSIDERAZIONI SUL PRIMO ACQUIFERO [ACQUIFERO A]

I livelli acquiferi sono stati identificati sulla base della disamina di sezioni di ricostruzione stratigrafica reperibili dal sito della cartografia geologica RER [rif. Sez. 100]. In prossimità dell'abitato di Baggiovara i principali livelli permeabili dell'acquifero A sono riscontrabili alle seguenti profondità:

- **A1:** da - 8,0 ÷ - 10,0 m a - 50,0 ÷ - 60 m da p.c.;
- **A2:** da - 50,0 ÷ - 60 m a - 105,0 ÷ - 110,0 m da p.c.
- **A3:** da - 105,0 ÷ - 110,0 m a - 140,0 ÷ - 150,0 m da p.c.
- **A4:** da - 140,0 ÷ - 150,0 m a - 180,0 ÷ - 190,0 m da p.c.

Il passaggio tra acquifero A ed acquifero B si pone a profondità prossime a - 200 m da p.c.

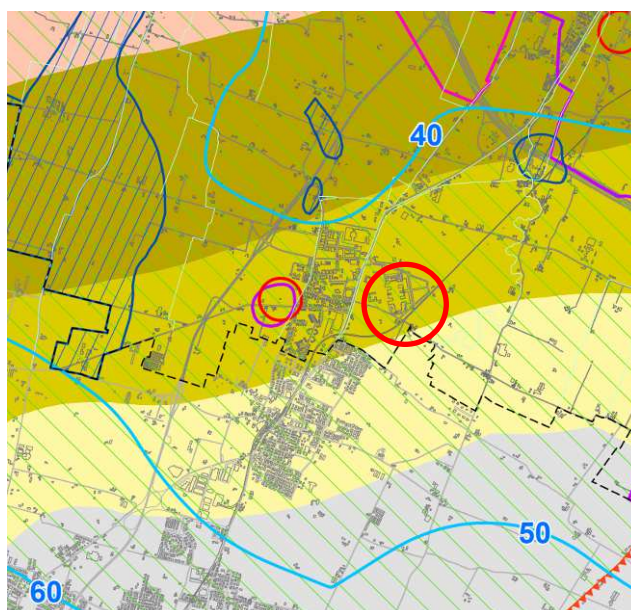
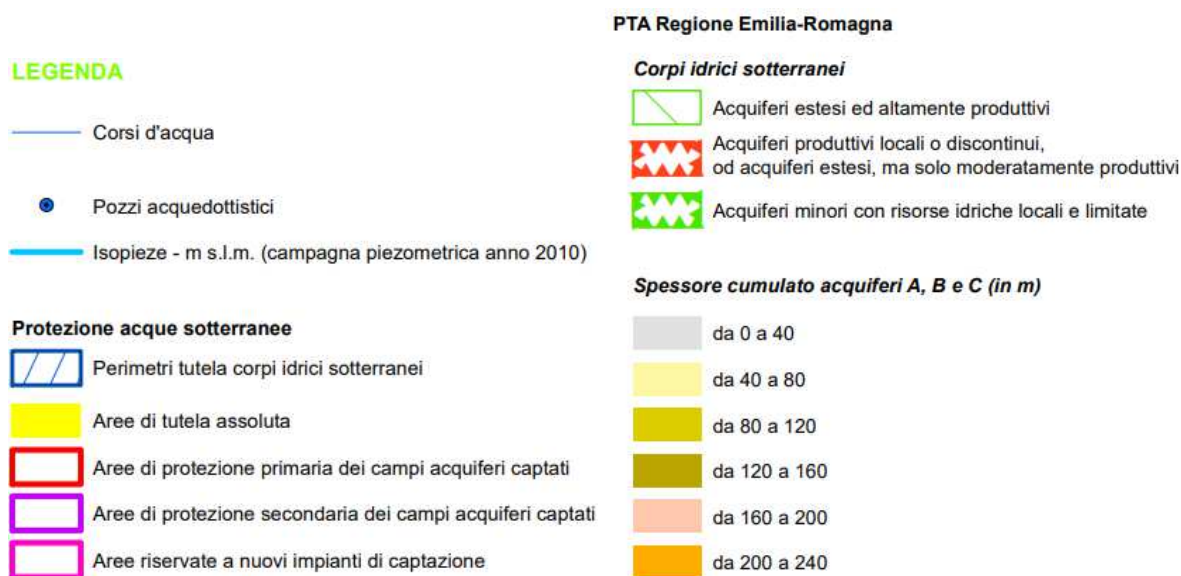
SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Dalle numerose ricostruzioni stratigrafiche, reperibili in bibliografica, si osserva come l'orizzonte acquifero A1 sia costituito da una importante sequenza di litotipi grossolani contraddistinti da una spiccata continuità verticale, al cui interno sono intrappolate rare lenti di materiali fini, a comportamento prettamente coesivo, più o meno discontinue.

SOGGIACENZA PRIMO ACQUIFERO

La *Carta Tav. AG.6 - Idrogeologia* redatta nell'ambito degli studi di PUG relativi al comune di Modena, a firma di *A-Team Progetti Sostenibili del Dott. Geol. V. Franchi e Dott. Geol. A. Ghinoi*, presenta elementi di idrogeologia tra cui la soggiacenza del primo acquifero non confinato. Tale carta, elaborata con curve di livello aventi differenze di quota relativa di 10,0 m, evidenzia come in prossimità del sito in esame, il livello dell'acqua nel sottosuolo sia stato riscontrato tra:

$$\Delta_{H_2O} = -5,0 \div -10,0 \text{ m p.c.}$$



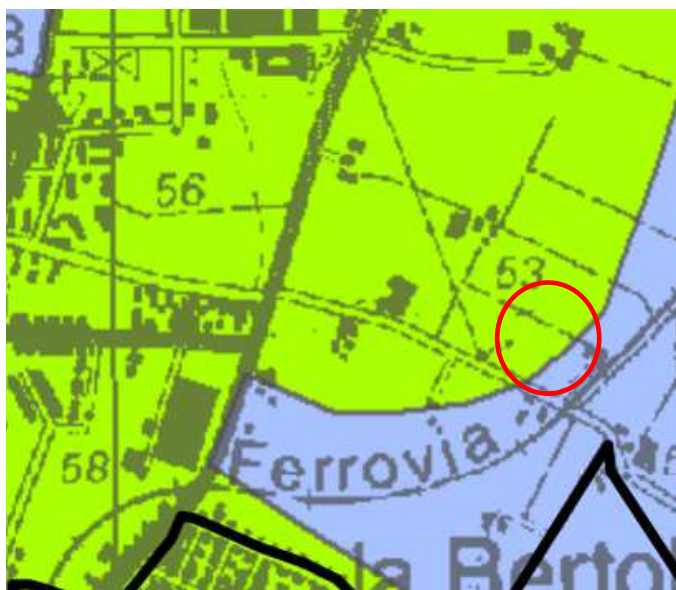
Estratto PUG Modena: Tav. AG.6 Idrogeologia

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.		
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito	
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione	
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno	

VULNERABILITÀ DEL PRIMO ACQUIFERO

Le elaborazioni effettuate nell'ambito della relazione della carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale (PTCP Modena, 2009), riportate di seguito, evidenziano che la fascia territoriale interessata dall'intervento in oggetto è contraddistinta da una vulnerabilità medio bassa dell'acquifero.

Tale elaborato grafico è stato desunto dall'incrocio delle componenti geo-litologiche del primo sottosuolo con quelle pedologiche; i parametri di entrata hanno definito, quindi, le seguenti classi di vulnerabilità.



* GRADO DI VULNERABILITA'						LITOLOGIA SUPERFICIE	PROFONDITA' TETTO GHIAIE E SABBIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO	CAPACITA' ATTENUAZIONE SUOLO
EE	E	A	M	B	BB				
						- Zona di MEDIA PIANURA: Area caratterizzata da assenza di acquiferi significativi, nella quale sono presenti livelli di ghiaia solamente al di sotto dei 100 m di profondità e di sabbia al di sotto dei 25 m di profondità			
						(*) Paleovalle recenti e depositi di roccia, sede di acquiferi sospesi.			
						limo	> 100	libero	AM
						sabbia	> 100	libero	AM
						limo	> 100	libero	B
						sabbia	> 100	libero	B
						argilla	> 10	libero/confinato	AM
						limo	> 10	libero/confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	confinato	A
						argilla	> 10	libero/confinato	B
						argilla e/o limo	< 10	libero	AM
						limo	> 10	libero/confinato	MB
						argilla e/o limo	< 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	libero	B
						sabbia e/o ghiaia	> 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	AM
						sabbia e/o ghiaia	< 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	B
						sabbia e/o ghiaia	> 10	libero	B
						sabbia e/o ghiaia	< 10	libero	B
						Alvei fluviali dipendenti			

Estratto PTCP Modena: vulnerabilità all'inquinamento acquifero principale.

RILEVAZIONI DEL BATTENTE IDRICO SOTTERRANEO

Al momento dell'esecuzione delle prove penetrometriche (Gennaio 2021), per ciascuna verticale d'indagine è stata misurata la presenza di livello idrico sotterraneo, rilevandone nello specifico:

CPT1	Foro vuoto
CPT2	Foro chiuso a – 2,60 m p.c.
CPT3	Foro chiuso a – 2,60 m p.c.

L'orizzonte rimaneggiato superficiale ed il primo orizzonte naturale (UGT1), possono essere sede di battente idrico sotterraneo occasionale/effimero (connesso ad eventi meteorici intensi e/o a infiltrazioni da aspersioni in superficie). In considerazione di quanto esposto nelle valutazioni di seguito sviluppate si è ipotizzata la presenza di battente idrico sotterraneo in corrispondenza dell'interfaccia orizzonte antropico – primo terreno naturale.

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il sito in esame si trova in condizioni di stabilità in sicurezza e non si riscontrano dissesti in atto.

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

ANALISI IDRAULICA AI SENSI DELLA DGR 1300/2016

L'area in analisi risulta ascrivibile, in primo luogo, all'ambito del reticolo secondario di pianura (**RSP**), costituito da corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui della media e bassa pianura padana.

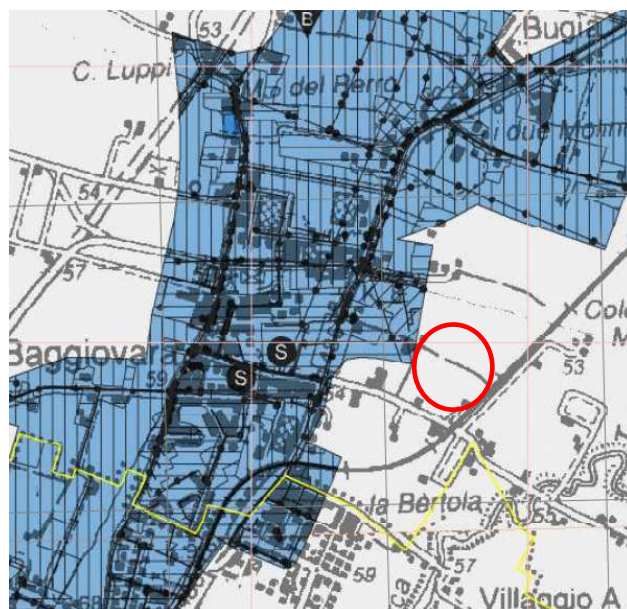
La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento agli scenari di alluvione frequente (P3) e poco frequente (P2) previsti dalla Direttiva.

Attualmente le acque meteoriche vengono convogliate all'interno della rete fognaria e, subordinatamente, ove presenti, nei fossi.

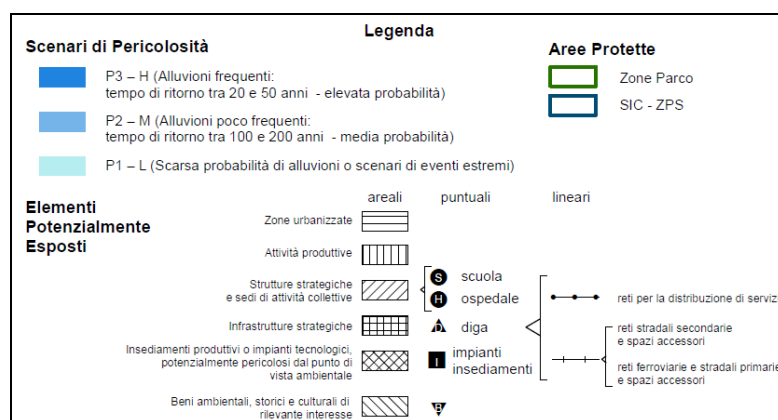
In relazione alla disamina dell'elaborato grafico "Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni – Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti" il comparto territoriale in analisi non ricade all'interno di nessuno scenario di pericolosità.



Mappe di Pericolosità ed Elementi esposti – Reticolo Principale di Pianura (RP).

















Mappe di Pericolosità ed Elementi esposti – Reticolo Secondario Pianura (RSP).



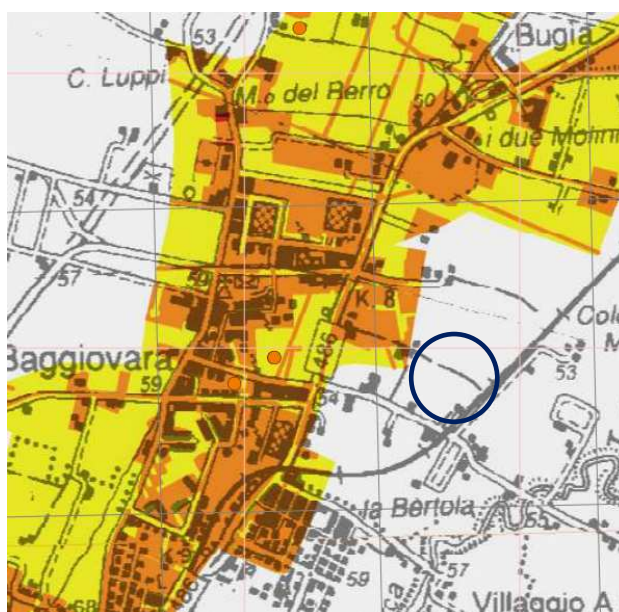
Mappe di Pericolosità ed Elementi esposti – Reticolo Secondario Pianura (RSP).

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

A seguire si riportano le perimetrazioni della mappa del rischio potenziale esposte all'interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), ai sensi della direttiva europea 2007/60/CE, le quali evidenziano un rischio nullo.

Legenda				
Aree Protette		Zone Parco		SIC - ZPS
Classi di Rischio				
	puntuali	lineari	areali	
R1 (rischio moderato o nullo)				
R2 (rischio medio)				
R3 (rischio elevato)				
R4 (rischio molto elevato)				

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'	
CLASSI DI DANNO	P3	P2
D4	R3	R2
D3	R3	R1
D2	R2	R1
D1	R1	R1



Mappe del Rischio – Reticolo Secondario Pianura (RSP).

Ad ogni modo, si consiglia, al fine di ottemperare alle prescrizioni in materia di vulnerabilità e al fine di ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture e la tutela della vita umana, così come previsto dal DGR 1300/2016, si suggerisce:

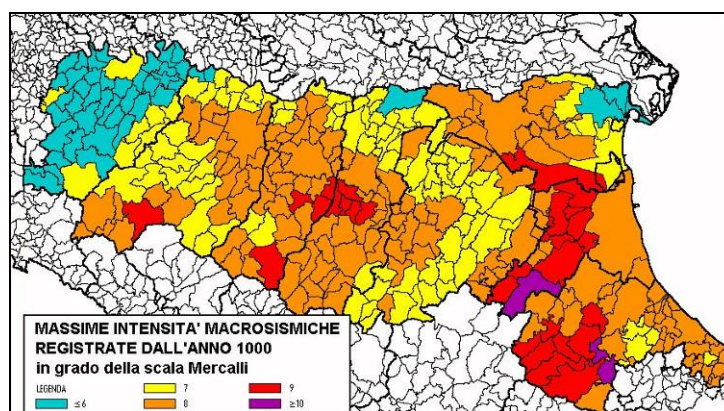
- gli impianti tecnici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto, anche in caso di alluvionamento;
- le aperture siano dotate di chiusure a tenuta stagna o provviste di idonee protezioni;
- la realizzazione/adequamento di un idoneo sistema di raccolta e allontanamento delle acque di precipitazione meteorica;

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA ED ANALISI DELL'AZIONE SISMICA

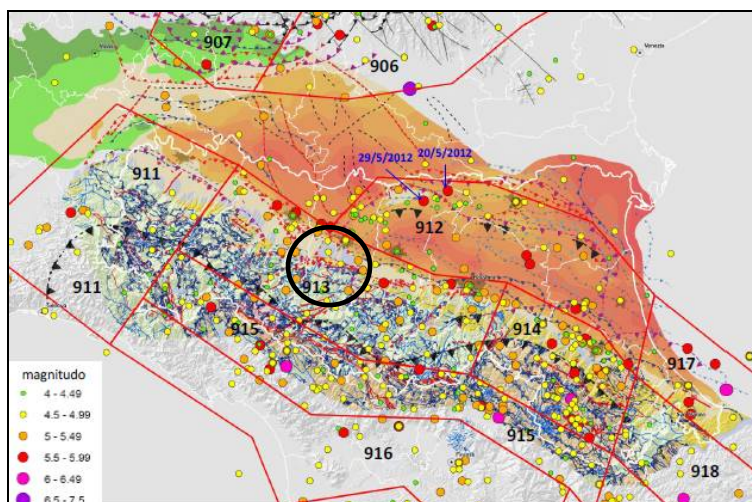
STORIA SISMICA DEL SITO

Secondo quanto esposto all'interno del catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (*D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996*), per il territorio comunale di Modena vengono documentati eventi sismici giungenti al 7° – 8° grado della Scala Mercalli - *Cancani – Sieberg*, con intensità massima corrispondente ad $M = 4,5 \div 5,4$, come evidenziato nella seguente figura.



Zonazione sismica della RER sulla base della scala MCS.

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, per la quasi totalità, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale. La zonazione sismica del territorio nazionale, la quale identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 913. La componente cinematica principale che regola la distribuzione degli sforzi all'interno di suddetta fascia è di tipo compressivo (prevalentemente *thrust*) legata all'accavallamento delle propaggini del fronte appenninico.

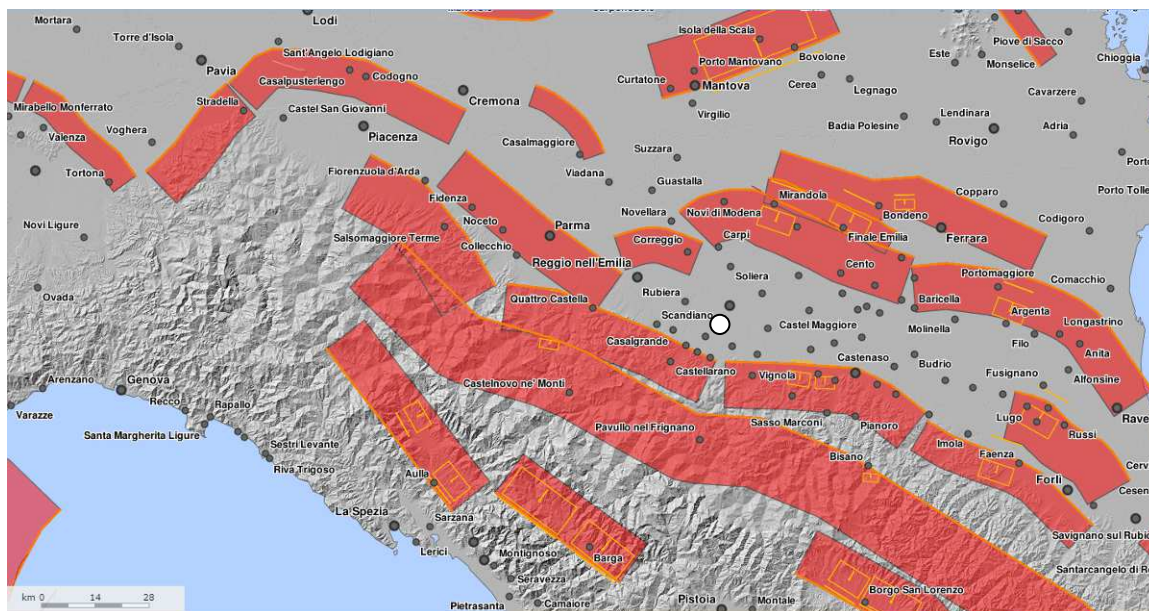


Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004).

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Tra le principali sorgenti sismogenetiche presenti nell'intorno dell'area occorre ricordare:

- ITCS049 Campegine - Correggio, ascrivibile alle Pieghe Ferraresi, ritenuta capace di generare terremoti di $M_w = 5.5$, con meccanismi di *thrust* ad una profondità compresa tra $3 \div 10$ km;
- ITCS051 Carpi – Poggio Renatico, ascrivibile alle Pieghe Ferraresi, ritenuta capace di generare terremoti di $M_w = 6.0$, con meccanismi di *thrust* ad una profondità compresa tra $2 \div 10$ km;



Estratto sito <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>




Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Modena, all'interno del Database Macrosismico DBMI15, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Gruppo di lavoro CPTI, 2015 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

Storia sismica di Modena

Osservazioni disponibili: 170

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7		1222	12	25	12	30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
7-8		1249	09				Modena	2	6-7	4.86
5		1323	02	25	19		Bologna	2	5	4.16
5		1346	02	08			Modena	1	5	4.16
HF		1348	01	25			Alpi Giulie	89	9	6.63
3		1349	09	09	08	15	Viterbese	9		
7		1399	07	20	23		Appennino modenese	6	7	5.10
6		1474	03	11	20	30	Modena	3	5	4.16
5		1481	02	07	22	45	Pianura emiliana	2	5	4.16
7-8		1501	06	05	10		Modenese	17	9	6.05
6		1504	12	31	04		Bolognese	15	6	5.02
6		1505	01	03	02		Bolognese	31	8	5.62
5		1505	01	20	23	50	Bolognese	11	5-6	4.76
5		1505	01	27	02	40	Bolognese	2	5	4.16








































SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5		1511	03	26	15	30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
4		1515	10	25	12	35	Pianura Padana	5		
4		1522	10	05	00	10	Pianura Padana	6	5	4.71
5		1536	08	17	00	05	Appennino settentrionale	10	6-7	5.12
4		1542	06	13	02	15	Mugello	46	9	6.02
6		1547	02	10	13	20	Reggiano	7	7	5.10
F		1561	11	24	01	25	Ferrarese	3	5-6	4.40
4		1570	11	17	19	10	Ferrarese	58	7-8	5.44
F		1608	01	06	22	20	Reggio nell'Emilia	2	5-6	4.40
4		1624	03	19			Argenta	18	7-8	5.43
6-7		1661	03	21	23		Modenese	4	6-7	4.86
F		1661	03	22	12	50	Appennino forlivese	79	9	6.05
7		1671	06	20	10		Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5-6		1695	02	25	05	30	Asolano	107	10	6.40
6		1740	03	06	05	40	Garfagnana	32	8	5.64
5		1775	01	04	18		Appennino emiliano	6	4	4.43
5		1775	01	05	22	45	Appennino emiliano	7	5	4.55
F		1779	07	14	19	30	Bolognese	17		
F		1779	11	23	18	30	Bolognese	14	5	4.70
F		1779	12	24	17		Appennino pistoiese	9	5-6	4.59
4		1781	04	04	21	20	Faentino	96	9-10	6.12
4-5		1806	02	12			Reggiano	28	7	5.21
4-5		1810	12	25	00	45	Pianura emiliana	33	6	5.06
5		1811	07	15	22	44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
3		1818	12	09	18	55	Parmense	26	7	5.24
3		1828	10	09	02	20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
4-5		1830	01	26	04	30	Alto Reno	11	5	4.53
3		1831	07	14	15	30	Reggiano	8	5-6	4.60
4-5		1831	09	11	18	15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
4		1832	03	11	06	45	Carpi	14	5	4.51
4-5		1832	03	11	08	45	Parmense	14		
4		1832	03	12	08	45	Reggiano	7		
7		1832	03	13	03	30	Reggiano	97	7-8	5.51
5		1832	03	14	04	40	Reggiano	5		
5		1832	03	14	07	41	Reggiano	7		
4		1832	04	19	14	14	Reggiano	5		
4		1834	02	14	13	15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
3		1834	07	04	00	45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
5		1834	10	04	19		Bolognese	12	6	4.71

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5		1837	04	11	17		Lunigiana	60	9	5.94
F		1846	08	14	12		Colline Pisane	121	9	6.04
6		1850	09	18	06	20	Modenese	7	5	4.16
F		1854	06	16	13	25	Imola	9	5	4.57
F		1857	02	01			Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
4		1860	07	17	13	43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
4		1864	03	15			Zocca	13	6-7	4.84
6		1869	06	25	13	58	Appennino bolognese	18	7-8	5.43
5		1869	12	13	02	53	Sassuolo	13	5	4.57
4		1870	10	30	18	34	Forlivese	41	8	5.61
F		1871	01	22	21	30	Pianura romagnola	8	6	4.95
2-3		1873	03	12	20	04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
5		1873	05	16	19	35	Reggiano	15	6-7	5.01
5		1873	06	29	03	58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
3-4		1873	09	17			Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
F		1874	10	07			Imolese	60	7	4.96
3		1881	01	24	16	14	Bolognese	38	7	5.22
F		1885	02	26	20	48	Pianura Padana	78	6	5.01
5		1886	10	15	02	20	Collecchio	44	6	4.70
4-5		1887	02	23	05	21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5		1891	06	07	01	06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
NF		1891	08	01	13	32 2	Lugo	15	4-5	4.36
3		1892	01	05			Garda occidentale	93	6-7	4.96
3		1892	05	17	03	08 1	Carpineti	28	5	4.28
NF		1894	02	09	12	48 0	Valle d'Ilasi	116	6	4.74
3		1894	11	27	05	07	Bresciano	183	6	4.89
3		1895	05	18	19	55 1	Fiorentino	401	8	5.50
3		1895	08	07	19	49 3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
4		1898	03	04	21	05	Parmense	313	7-8	5.37
2		1899	06	26	23	17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3-4		1901	10	30	14	49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
F		1902	08	04	22	36 1	Lunigiana	60	6	4.78
F		1902	12	04	16	35 0	Lunigiana	36	5	4.35
NF		1903	07	27	03	46	Lunigiana	79	7-8	5.19
4		1904	02	25	18	47 5	Reggiano	62	6	4.81
4		1904	06	10	11	15 2	Frignano	101	6	4.82
NF		1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
3-4		1908	06	02	22	30	Frignano	18	4-5	4.50
5		1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36

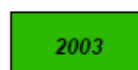
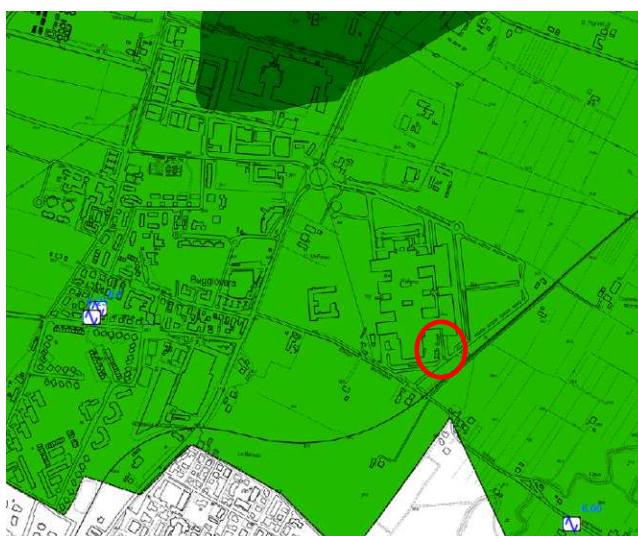
SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF		1910	03	22	23	29	Bassa modenese	15	5	4.16
2		1911	02	19	07	18 3	Forlivese	181	7	5.26
3		1912	09	12	21	15	Carpi	13	4	3.76
5		1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
4		1915	01	13	06	52 4	Marsica	1041	11	7.08
4		1915	10	10	23	10	Reggiano	30	6	4.87
3		1916	05	17	12	50	Riminese	132	8	5.82
F		1916	07	27	18	38	Garfagnana	22	5-6	4.56
5		1916	08	16	07	06 1	Riminese	257	8	5.82
4		1918	05	06	08	05	Reggiano	8	5-6	4.41
4		1918	11	10	15	12 2	Appennino forlivese	187	9	5.96
4		1919	06	29	15	06 1	Mugello	565	10	6.38
5-6		1920	09	07	05	55 4	Garfagnana	750	10	6.53
NF		1920	10	06	22	47	Mantovano	19	4-5	4.14
6		1923	06	28	15	12	Modenese	22	6	5.04
3		1926	01	01	18	04 0	Carniola interna	63	7-8	5.72
3		1927	11	20	10	24 1	Appennino reggiano	16	5	4.29
4		1928	06	13	08		Carpi	35	6	4.67
4-5		1928	07	25	01	25	Carpi	3	4-5	3.93
4		1929	04	10	05	44	Bolognese	87	6	5.05
NF		1929	04	12	00	32	Bolognese	7	4	4.82
5		1929	04	19	04	16	Bolognese	82	6-7	5.13
5		1929	04	20	01	10	Bolognese	109	7	5.36
4		1929	04	22	08	26	Bolognese	41	6-7	5.10
5		1929	04	29	18	36	Bolognese	45	6	5.20
5		1929	05	11	19	23	Bolognese	64	6-7	5.29
4		1930	10	24	00	52	Appennino tosco-emiliano	12	4	3.97
3		1930	10	26	07	14	Appennino tosco-emiliano	14	4	4.21
4		1930	10	26	07	31	Modenese	11	4	4.12
4		1931	06	10	17	02	Modenese	14	4	4.59
4		1932	04	19	00	17	Modenese	9	4	3.63
3		1934	06	13	09	06	Val di Taro-Lunigiana	29	6	5.14
4		1936	10	18	03	10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
4-5		1937	12	10	18	04	Frignano	28	6	5.30
5		1939	10	15	14	05	Garfagnana	62	6-7	4.96
2		1939	10	31	06	47	Lunigiana	19	5-6	4.85
3		1951	05	15	22	54	Lodigiano	179	6-7	5.17
3		1957	08	27	11	54	Appennino modenese	58	5	4.73
4-5		1963	11	04	15	46	Bassa modenese	5	5	4.16

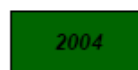
SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
NF		1965	11	09	15	35	Appennino reggiano	32	5 4.17
4-5		1967	04	03	16	36 1	Reggiano	45	5 4.44
4		1967	12	30	04	19	Emilia Romagna orientale	40	6 5.05
5		1971	07	15	01	33 2	Parmense	228	8 5.51
4		1971	09	11	23	18 1	Pianura emiliana	15	5 4.19
4		1972	10	25	21	56 1	Appennino settentrionale	198	5 4.87
4-5		1976	05	06	20	00 1	Friuli	770	9-10 6.45
3		1976	09	11	16	35 0	Friuli	40	7-8 5.60
4		1976	09	15	09	21 1	Friuli	54	8-9 5.95
3		1978	12	05	15	39 0	Romagna	34	4-5 4.61
5		1978	12	25	22	53 4	Bassa modenese	28	5 4.39
NF		1980	11	23	18	34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
3		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		1984	04	29	05	02 5	Umbria settentrionale	709	7 5.62
2-3		1986	12	06	17	07 1	Ferrarese	604	6 4.43
6		1987	05	02	20	43 5	Reggiano	802	6 4.71
4		1987	05	08	11	10 2	Bassa modenese	24	6 4.44
2		1988	02	08	11	24 4	Garfagnana	75	6 4.34
4		1988	03	15	12	03 1	Reggiano	160	6 4.57
3		1992	04	17	11	59 0	Appennino bolognese	56	4-5 4.11
3		1995	08	24	17	27 3	Appennino pistoiese	56	6 4.45
2-3		1995	10	10	06	54 2	Lunigiana	341	7 4.82
5-6		1996	10	15	09	55 5	Pianura emiliana	135	7 5.38
4		1996	10	26	04	56 5	Pianura emiliana	63	5-6 3.94
4		1996	12	16	09	09 5	Pianura emiliana	115	5-6 4.06
3		1997	05	12	22	13 5	Pianura emiliana	56	4-5 3.68
3		1997	09	26	09	40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
3-4		1998	02	21	02	21 1	Pianura emiliana	104	5 3.93
3		1998	03	26	16	26 1	Appennino umbro-marchigiano	409	5.26
4		1999	07	07	17	16 1	Frignano	32	5 4.67
4		2000	06	18	07	42 0	Pianura emiliana	304	5-6 4.40
3		2002	06	08	20	13 0	Frignano	115	4 4.23
NF		2002	06	18	22	23 3	Frignano	186	4 4.30
4-5		2003	09	14	21	42 5	Appennino bolognese	133	6 5.24
4		2004	11	24	22	59 3	Garda occidentale	176	7-8 4.99
4-5		2008	12	23	15	24 2	Parmense	291	6-7 5.36
3		2011	07	17	18	30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5 4.79
3		2016	10	26	19	18 0	Valnerina	77	6.07

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno



2003 Zona 3 – Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura di spessore compreso tra 5 e 10 m. Approfondimenti di II° Livello



2004 Zona 4 – Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 10 e 15 m. Approfondimenti di II° Livello

Estratto Carta MOPS – MZS.

Di seguito si riporta, inoltre, un estratto dell'elaborato grafico "Carta di Microzonazione sismica Livello 2: FA_{PGA} "

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Fa P.G.A. = 1.3 – 1.4
	Fa P.G.A. = 1.5 – 1.6
	Fa P.G.A. = 1.7 – 1.8
	Fa P.G.A. = 1.9 – 2.0
	Fa P.G.A. = 2.1 – 2.2
	Fa P.G.A. = 2.3 – 2.4
	Fa P.G.A. \geq 2.5

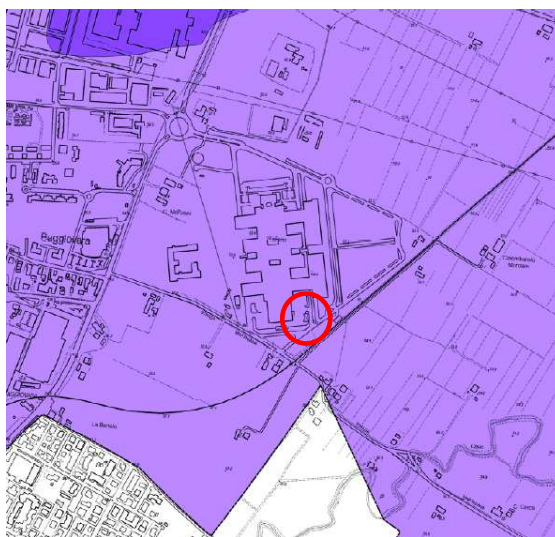
Zone di attenzione per instabilità

	ZALQ1 – Zona di attenzione per liquefazioni tipo 1
	Cedimenti differenziali
	Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti

Altri elementi cartografati

	Confine comunale
--	------------------

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno



Estratto Carta MZS II Livello – Carta FA_{PGA}

I fattori di amplificazione del sito in esame, per i vari intervalli spettrali considerati, secondo quanto descritto nel documento tecnico a cura di *RTP Dott. Geol. Masotti, Saloni e Fiori* sono i seguenti:

FA_{pga}:	FA_{IS} 0,1 – 0,5s:	FA_{IS} 0,5 – 1,0s:
2,3 ÷ 2,4	2,1 ÷ 2,2	1,5 ÷ 1,6

APPLICABILITÀ DELLA DGR 630/2019

La vigente normativa regionale DGR 630/2019 è riferita esclusivamente ad una stima della pericolosità di sito e a definire le direttrici di sviluppo urbanistico preferenziale in fase di pianificazione. Detti fattori non sono stati quindi concepiti per la progettazione esecutiva definiti dalle NCT.

Le risultanze degli abachi proposti all'interno degli studi di microzonazione sismica sono un importante riferimento che offre elementi di conoscenza per orientare il progettista sulla natura dei rischi del sito in cui il manufatto ricade, sugli approfondimenti da effettuare, sulle indagini sui terreni di fondazione e nel sito ma, salvo eccezioni, per la progettazione esecutiva è opportuno riferirsi agli approfondimenti valutati dalle NTC 2018.

AZIONE SISMICA DI PROGETTO (D.M. 17/01/2018)

Sulla base delle indicazioni contenute delle NTC 2018 - D.M. 17/01/2018, per l'area in esame, considerando strutture di classe II (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,0 \rightarrow V_r = 50$ anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_{c*} (s)
SLO	30	0.051	2.479	0.254
SLD	50	0.063	2.498	0.267
SLV	475	0.162	2.362	0.298
SLC	975	0.207	2.396	0.311

dove:

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

SLO = Stato limite di operatività; Pvr = 81%

SLD = Stato limite di danno; Pvr = 63%

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; Pvr = 10%

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; Pvr = 5%

a_g = accelerazione massima di riferimento al suolo

F_0 = fattore di amplificazione

T_{c*} = periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

IDENTIFICAZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione, valutare lo schema sismo-stratigrafico e ricavare i parametri dell'azione sismica dell'area in oggetto, sono state svolte le seguenti prospezioni geofisiche:

- **Stendimento sismico integrato Remi – MASW:** effettuata utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2,0m per una lunghezza totale di indagine pari a 46,0m. L'acquisizione dei microtremori ambientali è stata eseguita effettuando una decina di registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz; la prospezione MASW è stata effettuata mediante 10 battute all'esterno dello stendimento.
- **Prospezione a stazione singola:** acquisizione di microtremori ambientali, sono state eseguite utilizzando un sismometro TROMINO ad elevata dinamica; le acquisizioni sono state eseguite campionando il segnale a 128 Hz per una durata di 40 minuti.

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate, denotano che i primi 30 m del sottosuolo, sottostanti la quota di incastro delle fondazioni, sono contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Sismo - orizzonte	Profondità da p.c. [m]	Spessore medio [m]	V_s [m/sec]
1	1,4 ÷ 2,9	1.5	219
2	2,9 ÷ 7,7	4.8	299
3	7,7 ÷ 14,4	6.7	515
4	14,4 ÷ 23,0	8.6	616
5	23,0 ÷ 31,4	8.4	623

La definizione del valore $V_{s_{eq}}$, velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è determinata mediante la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove:

N = numero strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato da spessore h e velocità onde s V_s

H = profondità del substrato, $V_s \geq 800$ m/s

ottenendo, per i metodi di acquisizione sopra descritti, i seguenti valori di velocità $V_{s_{eq}}$:

$$V_{s_{eq}} = 474 \text{ m/sec}$$

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Dai parametri sopra esposti, in relazione alla sequenza litomeccanica riscontrata dall'esecuzione delle prove penetrometriche, congiuntamente ai ben noti margini d'incertezza intrinseci alla metodologia utilizzata per il calcolo del V_{seq} , si ritiene che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti la quota di incastro delle fondazioni, sono attribuibili a:

Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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.

Tab. 3.2.II Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

COEFFICIENTI DI ACCELERAZIONE SISMICA

Alla luce degli studi effettuati nella presente relazione, i terreni di fondazione saranno sottoposti ad un'accelerazione sismica quantificabile secondo i seguenti parametri:

	D.M. 17/01/2018 ($\beta = 0,24$)
Latitudine (ED50)	44.60421
Longitudine (ED50)	10.87418
Vita nominale struttura	50 anni
Classe struttura opera	II
Coefficiente d'uso	1,0
Vita di riferimento struttura	50 anni
V_{SEQ}	474 m/sec
Categoria suolo di fondazione	B
Pga di riferimento (SLV)	0,162
Coefficiente di amplificazione stratigrafico (SLV)	1,20
Coefficienti di amplificazione topografico:	1,000
F_{OSLV}	2,362
T_{CSLV}	0,298s
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,047$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,024$
a_{max}/g	0,194

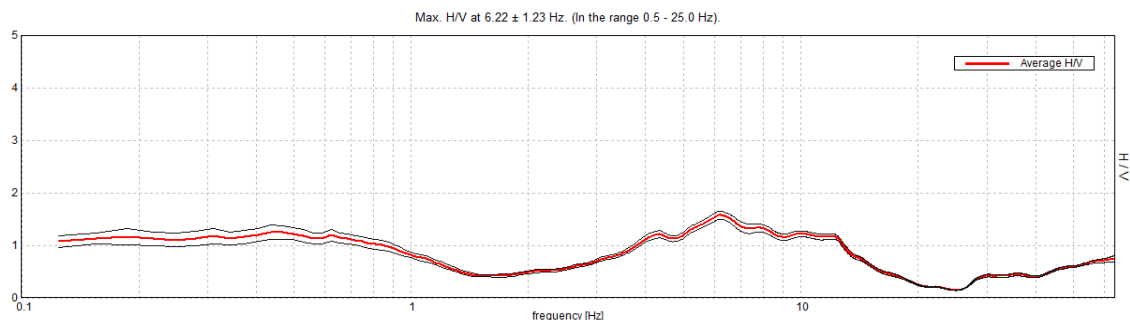
FREQUENZA PRIMARIA TERRENI DI FONDAZIONE

I microtremori ambientali acquisiti mediante sismografo TROMINO ad elevata dinamica sono, quindi, stati elaborati con la tecnica HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* o *metodo di Nakamura*). L'ipotesi alla base della metodologia è che essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza (F_0) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

L'elaborazione HVSr dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nella figura di seguito, in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee tratteggiate rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.



In relazione a quanto esposto all'interno delle linee guida SESAME (2005), l'elaborazione dell'acquisizione soddisfa i primi tre criteri fondamentali (*vedi scheda HVSr allegata*); la curva H/V risulta, quindi, affidabile.

I dati ricavati evidenziano, al netto di un disturbo evidente sulle basse frequenze, un picco principale individuabile alla seguente frequenza:

Acquisizione	f_0 [Hz]	T [s]
HVSr1	6.22 ± 1.23	0.161

In fase progettuale, si dovrà accertare che non si verifichino fenomeni di doppia risonanza, in funzione dei periodi di vibrazione sopra esposti.

ANALISI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Per il comparto in esame, si è eseguita una verifica a suscettibilità alla liquefazione in riferimento al metodo di *Robertson & Wride* (1997b), *modificato MSF Idriss*, utilizzando un foglio di calcolo direttamente realizzato che definisce la suscettibilità alla liquefazione in rapporto ai valori di q_c ed alla sollecitazione tangenziale ciclica. Detta analisi è stata effettuata considerando l'assenza di manufatti poiché questa è la configurazione più sfavorevole per il rischio di liquefazione.

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è stato determinato mediante la relazione:

$$FSL = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF$$

dove:

FSL = coefficiente di sicurezza

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(qc_{ln})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

ove:

$(qc_{ln})_{cs}$ = valore resistenza alla punta normalizzato, funzione di CF (%componenti fini) e di K, funzione di IC (indice del tipo di terreno); kPa

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

$$CSR = \frac{\tau_d}{\sigma'_0} = 0,65 \frac{A}{g} \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} (1 - 0,00765z)$$

ove:

τ_d = tensione tangenziale ciclica

τ_e = resistenza del terreno

σ_0 = tensione verticale totale

σ'_0 = tensione verticale efficace

A/g = valore di accelerazione, equivalente a 0,15 per S6.

z = profondità dello strato

Δn_f = coefficiente funzione del contenuto in materiali fini

$CRR_{7,5}$ = capacità di resistenza ciclica riferita a $M = 7,5$

MSF = fattore di magnitudo riferito all'intensità attesa in sito.

Il modello di calcolo elabora gli intervalli potenzialmente suscettibili alla liquefazione in relazione al contenuto di materiali fini, restituendo i coefficienti di sicurezza sulla verticale della prova penetrometrica.

I_L	Rischio liquefazione
$I_L = 0$	Nulla
$0 < I_L \leq 2$	Basso
$2 < I_L \leq 5$	Moderato
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$I_L > 15$	Molto alto

[Sonmez, 2003]

Le verifiche sono state condotte utilizzando una Magnitudo pari a $M_w = 6,14$ ed applicando il battente idrico ad una profondità pari a – 1,0 m p.c.

Le caratteristiche litotecniche dei materiali rilevati evidenziano, infine, che i terreni che formano il primo sottosuolo presentano un rischio di liquefazione molto basso, praticamente nullo; infatti, in corrispondenza di CPT2si è registrato un valore massimo pari a $I_L = 0,169$.

CPT	I_L
CPT1	0,047
CPT2	0,169
CPT3	0,101

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI: MODELLAZIONE DEL SITO

Per la caratterizzazione fisico-meccanica del sottosuolo sono state eseguite n°3 prove penetrometriche statiche CPT Rm, le quali sono state svolte utilizzando un penetrometro statico di tipo olandese, con caratteristiche conformi allo standard europeo (cfr. *Raccomandazioni ISSMFE-AGI*), mod. SP-100 Geo Deep Drill, con cella di pressione idraulica, a lettura analogica, attrezzando la prima asta con punta Begemann (*Friction Sleeve Cone*).

Detto piano di lavoro, congiuntamente alle prospezioni geofisiche considerate, ha consentito di esaminare la parte di sottosuolo significativamente influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che interagisce con l'opera stessa, ovvero il volume significativo.

SUCCESSIONE LITOMECCANICA

I punti indagati sono ubicati come nella planimetria "Tav. 3. Ubicazione Indagini in situ" ed i relativi risultati appaiono visualizzati negli allegati: *diagrammi penetrometrici*. In base al rapporto di Begemann ottenuto dall'esecuzione di prove penetrometriche statiche CPT Rm, si è riconosciuta, dall'alto in basso rispetto alla quota del piano cortilivo, la successione litostratigrafico - meccanica di seguito descritta:

- UGT1 (da -0,8 ÷ -1,0m a -2,6 ÷ -4,0m p.c.):

Le prove, eseguite all'interno di prefiori, necessari al superamento del riporto antropico superficiale, iniziano ad una profondità media di circa -0,80 m dal piano di calpestio.

Il primo terreno naturale presenta significative variazioni litologiche laterali; infatti, in corrispondenza delle verticali CPT1 e CPT3 sono stati riconosciuti litotipi limoso argillosi – argilloso limosi e, subordinatamente, limosi a medio basso grado di consistenza [UGT1]. Sulla restante verticale CPT2, invece, sono stati riconosciuti litotipi moderatamente più grossolani quali limi, limi sabbiosi e/o sabbie limose [UGT1bis].

Al penetrometro statico, le verticali CPT1 e CPT3 hanno evidenziato valori medi di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 6 \div 13 \text{ kgf/cm}^2$; i valori di resistenza ad attrito laterale locale sono compresi tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,7 \text{ kgf/cm}^2$. Esclusivamente nella verticale CPT1 tra -2,4 e - 3,0 m da p.c. è stata intercettata una lente costituita da materiali sabbiosi, sabbioso limosi e/o limoso sabbiosi a medio basso grado di addensamento [UGT1sl]; tali litotipi si caratterizzano per valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 20 \div 22 \text{ kgf/cm}^2$ e resistenza ad attrito laterale locale oscillante tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5 \text{ kgf/cm}^2$.

Sulla restante verticale CPT2, svolta in posizione intermedia alle suddette indagini ma spostata leggermente più a sud, sono stati registrati valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 7 \div 19 \text{ kgf/cm}^2$ e resistenza ad attrito laterale locale pari a $f_{sm} = 0,2 \div 0,5 \text{ kgf/cm}^2$. La base di UGT1bis si pone a - 2,6 m da p.c.

- UGT2 (da -2,6 ÷ -4,0m a -4,4 ÷ -6,0m p.c.):

Orizzonte contraddistinto anch'esso da marcata variabilità litologica laterale. In questo caso CPT1 e CPT2 hanno evidenziato la presenza di alternanze argilloso limose, limoso argillose e, talora, limose e limoso sabbiose [UGT2], mentre sulla rimanente verticale CPT3 sono stati identificati litotipi limosi e/o limoso sabbiosi a medio basso grado di consistenza [UGT2bis].

In corrispondenza di CPT1 e CPT2 sono stati registrati valori medi di resistenza alla punta oscillanti tra $q_{cm} = 13 \div 50 \text{ kgf/cm}^2$ e resistenza ad attrito laterale locale pari a $f_{sm} = 0,4 \div 2,9 \text{ kgf/cm}^2$.

La restante verticale CPT3, invece, si caratterizza per resistenza alla punta compresa tra $q_{cm} = 9 \div 15 \text{ kgf/cm}^2$, con medio massimi pari a $q_{cm} = 28 \text{ kgf/cm}^2$; la resistenza ad attrito laterale locale è pari a $f_{sm} = 0,3 \div 0,6 \text{ kgf/cm}^2$.

- UGT3 (oltre a -4,4 ÷ -6,0m p.c.):

Orizzonte ghiaioso sabbioso e sabbioso ghiaioso, immerso in una massa di fondo limosa e/o limoso argillosa. Si riscontrano valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 80 \div 200 \text{ kgf/cm}^2$, con valori medio massimi

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

superiori a $q_{cm} = 300 \text{ kgf/cm}^2$, e valori di resistenza ad attrito laterale generalmente compresi tra $f_{sm} = 0,7 \div >> 3,0 \text{ kgf/cm}^2$.

A seguito dell'elevato grado di addensamento riscontrato su tutte le verticali d'indagine, si è registrato il rifiuto all'avanzamento e la conseguente interruzione dell'indagine geognostica.

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI

I dati ottenuti dall'esecuzione delle prove penetrometriche statiche CPT Rm ha permesso di ricavare i principali parametri geotecnici, necessari per la caratterizzazione geomeccanica del primo sottosuolo. Di seguito per ciascun parametro viene riportato l'Autore al quale si è fatto riferimento; nello specifico:

Parametro	Autore	Parametro	Autore
C_u	Begemann	E_d	Mitchell e Gardner
ϕ'	L'Herminier; Caquot	D_r	Jamiolkowski et Alii
c'	Mesre et Alii	k	Bowles mod.

Il coefficiente di *Poisson*, ν , si è ricavato da correlazioni empiriche tra velocità di propagazione delle onde sismiche e valori di resistenza penetrometrica, il modulo elastico da correlazioni tra E_d , E e ν .

L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 17/01/2018 (si veda allegato "Analisi statistica dati penetrometrici"), ricavando i valori caratteristici di resistenza alla punta (q_c) e di attrito laterale locale (f_s) per ognuna delle unità individuate e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati.

	Profondità	Descrizione geotecnica
UGT1	da -1,0 m a -3,5 ÷ -4,0 m p.c. CPT1 e CPT3	LA, AL e L a medio grado di consistenza. Grado di compressibilità medio elevato.
UGT1sl	da -2,5m a -3,0m p.c. Solo CPT1	Lente S e SL a medio basso grado di addensamento. Grado di compressibilità medio basso.
UGT1bis	da -1,0m a -2,5m p.c. Solo CPT2	L, LS e LA a medio grado di consistenza. Grado di compressibilità medio basso.
UGT2	da -2,5 ÷ -4,0m a -4,5 ÷ -6,0 m p.c. CPT1 e CPT2	Alternanze AL, LA, talora L e LS. Grado di compressibilità basso.
UGT2bis	Da -3,5m a -5,5m p.c. Solo CPT3	L e LS a medio basso grado di consistenza. Grado di compressibilità medio.
UGT3	oltre a -4,5 ÷ -6,0m p.c.	Gh e GhS addensate immerse in una massa di fondo coesiva. Grado di compressibilità molto basso, praticamente nullo.

Litologie: T = torba; A = argille; AL = argille limose; L = limi; LA = Limi argillosi; LS = limi sabbiosi; SL = sabbie limose; S = sabbie; SGh = sabbie ghiaiose; Gh = ghiaie; GhS = ghiaie sabbiose; OC = sovraconsolidazione (*Over Consolidated*).

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

	Parametri geognostici caratteristici [kgf/cm ^q]	Parametri geotecnici caratteristici					
		ϕ'_k [°]	c'_k [kgf/cm ^q]	c_{uk} [kgf/cm ^q]	γ_{nk} [kgf/cm ^c]	Dr_k [%]	E_{dk} [kgf/cm ^q]
UGT1	$q_{Ck} = 7,55$ $f_{Sk} = 0,34$	22	0,06	0,35	0,00183	--	34
UGT1sl	$q_{Ck} = 19,39$ $f_{Sk} = 0,27$	27	--	--	0,00191	39	54
UGT1bis	$q_{Ck} = 8,58$ $f_{Sk} = 0,35$	22	0,07	0,36	0,00185	--	39
UGT2	$q_{Ck} = 21,01$ $f_{Sk} = 0,86$	23	0,12	0,58	0,00190	--	68
UGT2bis	$q_{Ck} = 11,18$ $f_{Sk} = 0,36$	22	0,09	0,35	0,00187	--	47
UGT3	$q_{Ck} = 105,06$ $f_{Sk} = 2,16$	35	--	--	0,00210	69	225

Ove: c_u = coesione non drenata, c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di attrito efficace; Dr = densità relativa; γ_n = peso dell'unità di volume; E_d = modulo edometrico, k = modulo di reazione, OC = sovraconsolidate (*Over Consolidated*).

Valore del coefficiente di Winkler mediato su tutta la verticale d'indagine

In relazione alla stratigrafia evidenziata e ai parametri geomeccanici ricavati mediante l'indagine geognostica precedentemente descritta, si può utilizzare un valore del coefficiente di *Winkler*, mediato sulla verticale da -1,0 m sino a -10,0 m p.c., pari a: **$k = 0,87 \text{ kgf/cm}^c$** .

Si precisa che tale valore, come quelli relativi ai singoli orizzonti, è da ritenersi indicativo e rappresenta un valore generale per la serie litomeccanica in quanto, come ben noto, detto coefficiente risulta funzione della geometria e della tipologia fondale.

I valori presentati sono stati ricavati dall'equazione di *Bowles*:

$$k_k = [((E_{ed} \times (1+\nu) \times (1-2\nu)) / (1-\nu))] / C$$

con C = costante adimensionale pari a 22,5 (funzione dei dati ricavati, su tali tipi di terreno, da prove di carico su piastra).

TIPOLOGIA E PIANO DI POSA FONDALE

In relazione alle caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo, è possibile l'utilizzo di **fondazioni dirette, nel caso la struttura non trasmetta elevate tensioni al sottosuolo**. Il piano di appoggio fondale dovrà essere posto ad una profondità minima, rispetto all'attuale piano di calpestio, almeno pari a: **$D = - 1,40 \text{ m p.c.}$**

In fase esecutiva, quindi, in relazione alle variazioni litologiche laterali congiuntamente alla probabile presenza di terreni rimaneggiati superficiali, si consiglia la presenza di un tecnico abilitato al fine di accertare le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei materiali affioranti e di certificare l'analogia di queste ai dati presentati in tale documento e verificare l'omogeneità del piano di posa e, eventualmente, bonificare i depositi non adatti all'appoggio fondale.

VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI – CAPACITÀ RESISTENTE DEI TERRENI

In ottemperanza ai dettami del DM 17/01/18, sono stati calcolati i valori di resistenza R del terreno di fondazione allo stato limite ultimo (SLU), necessari per risolvere la disequazione:

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d = azione di progetto $\rightarrow \gamma_e \cdot E$

R_d = resistenza di progetto $\rightarrow R / \gamma_r$

Le resistenze di progetto sono state desunte applicando l'Approccio 2 combinazione A1+M1+R3 e adottando i parametri previsti nella tab. 6.2.II e 6.4.I – combinazioni di coefficienti parziali M1 ed M2, che riducono i parametri geotecnici. Dette verifiche sono state eseguite, in funzione dei tipi di terreni riscontrati nel sito esaminato, sia in termini di tensioni efficaci, condizioni drenate, che in termini di tensioni totali, condizioni non drenate.

Coeff. parziale R3	
$\gamma_r = 2,3$	Verifica alla capacità portante

Il calcolo del valore della capacità portante unitaria, agli stati ultimi, per fondazioni dirette, si è eseguito utilizzando la relazione di *Terzaghi*, integrata dai coefficienti di *Hansen*:

$$q_d = c\delta_c N'_c + q_0 \delta_q N'_q + \delta_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma$$

dove:

N'_c , N'_q , N'_γ = coefficienti di capacità portante in funzione di ϕ . Si adottano i valori N' in rapporto al tipo di compressibilità dei litotipi riscontrati.

δ_c , δ_q , δ_γ = coefficienti di forma funzione del rapporto B/L

q_0 = peso efficace del terreno al piano di incastro della fondazione e che contribuisce alla resistenza in relazione al carico laterale dei terreni in kgf/cm²

γ = peso di volume del terreno in kgf/cm³

c = coesione del terreno in kgf/cm²

B = larghezza della fondazione in cm

L = lunghezza della fondazione in cm

Il calcolo della pressione critica al rifluimento o carico di inizio delle plasticizzazioni al bordo delle fondazioni, si è eseguito utilizzando la relazione di *Frolich*:

$$P_{cr} = \frac{\pi(\gamma h + c \cdot \text{ctg} \phi)}{\text{ctg} \phi - (1/2\pi - \phi)}$$

dove:

γ = peso di volume del terreno in kgf/cm³

h = profondità del piano di posa delle fondazioni

ϕ = angolo d'attrito interno dei terreni

c = coesione in kgf/cm².

I valori sono stati determinati in riferimento allo spessore di terreno sottostante le eventuali opere fondali coinvolto dall'involuppo di spirale logaritmica delle sollecitazioni generate dal cuneo di penetrazione delle fondazioni nel contesto dell'insieme opera – terreno e sono presentati nell'allegato "Verifica al collasso terreno fondazione: Approccio 2 – A1+M1+R3".

In presenza di sollecitazione sismica sono stati indicativamente determinati i valori di resistenza del terreno allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), tenendo conto degli effetti cinematici ed inerziali a cui vengono sottoposti i terreni di fondazione in occasione di *shock* dinamici. Tra le

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

metodologie proposte in letteratura (la capacità resistente del terreno in campo pseudo-statico è un problema tuttora aperto), sono state utilizzate le relazioni presentate da *Paolucci & Pecker* (1997), introducendo i fattori di correzione z .

$$z\gamma = z_q = (1 - k_h / \tan \phi)^{0.35}$$

$$z_c = 1 - (0.32 * k_h)$$

dove k_h = coeff. sismico orizzontale

Tali valori possono leggermente variare in funzione della geometria delle fondazioni, delle caratteristiche della struttura in elevazione e delle tensioni effettivamente trasmesse al suolo, determinati in modo preliminare nel corso del presente studio.

IPOTESI: FONDAZIONI DIRETTE

Per il calcolo delle capacità resistenti di progetto (R_d) dei terreni sono stati utilizzati i seguenti parametri medi ponderati (UGT1/UGT1bis e UGT2/UGT2bis), caratterizzanti il possibile cuneo di rottura della fondazione:

H ₂ O	c' [kgf/cm ²]	Cu [kgf/cm ²]	φ [°]	γ [kgf/cm ³]
- 250 cm	0,06	0,36	22°	0,00183

COMBINAZIONE A1+M1+R3 (D.M. 17/01/2018)

	Coefficienti parziali M1	
	C.U.	C.D.
SLU	$R_d = 0,90 \text{ kgf/cm}^2$	$R_d = 0,92 \text{ kgf/cm}^2$
SLV	$R_d = 0,83 \text{ kgf/cm}^2$	$R_d = 0,77 \text{ kgf/cm}^2$

PARAMETRI PER LA VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL PIANO DI POSA FONDALE

Si riportano di seguito i parametri geotecnici da utilizzarsi per le verifiche di scorrimento del piano di posa delle strutture fondali:

Parametri	Utilizzo coefficienti M1
φ'	15,4°
c'	0,036 kgf/cm ²

ACCORGIMENTI GENERALI DA ADOTTARSI IN FASE ESECUTIVA:

- In relazione alle caratteristiche del primo sottosuolo, è consigliabile la presenza di un tecnico abilitato, in fase di scavo e messa alla luce dei piani di posa fondali, al fine di verificare le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei materiali affioranti e di certificare l'analogia di queste ai dati ivi presentati.
- In fase progettuale, conosciute le reali tensioni applicate al suolo e definite nel dettaglio le scelte progettuali, sarà necessario provvedere alla **verifica accurata dei valori dei cedimenti e alla corretta scelta delle dimensioni fondali da adottare**, al fine di ottenere cedimenti assoluti, differenziali e valori di distorsione angolare e cedimenti sismici rientranti nell'ambito della tollerabilità. **Nel caso la struttura trasmetta elevate tensioni al sottosuolo si valuti l'utilizzo di fondazioni profonde.**

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

- Eventuali bonifiche locali, nel caso in cui dovessero alla quota di appoggio fondale dovessero affiorare materiali a scarso grado di consistenza. Riportarsi alle quote di progetto mediante getti di conglomerato magro.
- Al momento delle indagini (Gennaio 2021), all'interno dei fori penetrometrici non è stata riscontrata la presenza di battente idrico sotterraneo; tuttavia, l'interfaccia orizzonte antropico superficiale – primo terreno naturale può risultare **potenziale sede di battente idrico sotterraneo effimero o evidenziare venute locali d'acqua**, legate ai periodi di precipitazione meteorica intensa e/o a infiltrazioni da aspersioni in superficie. Necessiterà, quindi, prevedere una possibile ed estemporanea saturazione idrica nei primi orizzonti del sottosuolo, sia ai fini della fase di realizzazione degli scavi di fondazione sia relativamente alla risalita di umidità sulle strutture in elevazione.
- Regolarizzare il piano di fondazione mediante getti di conglomerato magro.

Carpi, Gennaio 2021

Dott. Geol. Marco Boccaletti

APPENDICE I: INCERTEZZE INTERPRETATIVE E METODOLOGICHE RELATIVE ALLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO – GEOTECNICO – SISMICO.

È doveroso soffermarsi sul grado di interpretazione dei dati analizzati e sulle incertezze intrinseche dei metodi utilizzati e delle ricostruzioni effettuate, che assumono carattere soggettivo.

Meritano di essere sottolineati i seguenti aspetti:

- Le indagini geognostiche hanno consentito di definire con buon grado di dettaglio i valori di coesione non drenata nei litotipi più fini a comportamento coesivo e, in corrispondenza dei termini più grossolani, la corretta stima dell'angolo d'attrito. Gli altri parametri geotecnici presentati all'interno del suddetto documento tecnico sono stati desunti mediante correlazioni empiriche, ben note in letteratura, e dall'analisi comparativa di prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati su terreni ascrivibili al medesimo contesto geologico - geomorfologico.
- L'esecuzione di prospezioni geofisiche di superficie (Re.Mi. – M.A.S.W.) presenta fisiologicamente un margine di errore noto in letteratura, oltre ad un alone di soggettività dipendente dalle scelte del soggetto elaboratore; tuttavia, quanto emerso da suddette analisi, conferma quanto individuato dalle indagini geognostiche.

L'esecuzione di tale indagine integrata consente di definire con buon grado di dettaglio i primi metri di sottosuolo mediante le prospezioni di tipo attivo (M.A.S.W.) le quali tendono a diventare meno precise con l'aumentare della profondità, ove invece le prospezioni geofisiche passive (Re.Mi.) aumentano di risoluzione.

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

APPENDICE II: RIFERIMENTI NORMATIVI

NORME NAZIONALI

- **R.D. 30 dicembre 1923 n°3267**

Vincolo idrogeologico: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani."

- **R.D. 16 maggio 1926 n°1126**

Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

- **Legge 2 febbraio 1974, n. 64**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- **Legge 8 agosto 1985, n. 431 - (Galasso)**

Conversione in legge con modificazioni del Decreto Legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988**

Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24 Settembre 1988, N. 30483

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. Istruzioni per l'applicazione.

- **Parere Ministero Lavori Pubblici, 17 dicembre 1993, N. 138**

Consiglio Superiore, Assemblea Generale

Legge 2 febbraio 1974 n.64 - Decreto Ministeriale 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e stabilità delle opere di fondazione. Relazione geologica e geotecnica. Competenze professionali.

- **Legge 11 febbraio 1994, n. 109 - (MERLONI TER)**

Legge quadro in materia di lavori pubblici.

- **Decisione n° 701/1995 della V Sezione giurisdizionale del Consiglio di Stato**

Esclusiva competenza del geologo per la relazione geologica La competenza del geologo anche per la relazione geotecnica.

- **Ministero dei Lavori Pubblici - Circolare 9 gennaio 1996, n. 218/24/3**

Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.

- **Dlgs 11 maggio 1999, n.152**

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

- **Decreto Legge 12 ottobre 2000, n. 279**

Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000.

- **Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 12 giugno 2003, n. 185**

Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152.

- **Presidenza del Consiglio dei Ministri:**

Ordinanza n. 3379 del 5 novembre 2004: Disposizioni urgenti di protezione civile.

Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003: Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- **Ministero delle Infrastrutture:**

Decreto 14 gennaio 2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

- **Dlgs 11 febbraio 2010, n. 22;**

Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99. (10G0037).

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE E.R. Azienda Ospedaliero – Università di Modena	Ammodernamento e ampliamento dell'impianto di cogenerazione. Area Operativa Centro – Ospedale Civile di Baggiovara, Modena. Progetto F/11/20.	
	Relazione geologica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
	Relazione sulla modellazione sismica:	"Pericolosità sismica di base" del sito di costruzione
	Relazione geotecnica sulle indagini:	Caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

- Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti:

Decreto 17 gennaio 2018 Norme Tecniche sulle Costruzioni.

NORME REGIONALI

- L.R. 24 marzo 2000 n°20

Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

- Delibera GR n°1117 del 11/07/2000

Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt. 148, 149, 150 e 151 della L.R. 21 aprile 1999, n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale".

- Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007

Gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

- L.R 23/05/2011 del 687/2011

Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3 della L.R. n. 19 del 2008.

- DGR 1373/2011

Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art. 12, comma 1 e dell'art. 4, comma 1, della L.R. n°19/2008.

- D.E.R. n°1105 del 03 Febbraio 2014

Indicazioni sulla documentazione tecnica da produrre a supporto della richiesta di contributi per interventi di consolidamento di terreno di fondazione in caso di riparazione, ripristino con miglioramento sismico o demolizione e ricostruzione di edifici dichiarati inagibili che abbiano riportato danni da liquefazione, a seguito della sequenza sismica che ha interessato la pianura emiliana nel maggio-giugno 2012.

- Delibera n. 2193 del 21 Dicembre 2015.

Aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna.

- Delibera GR n° 1300 del 01 Agosto 2016

Disposizioni regionali inerenti l'attuazione del PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) nel territorio regionale del Distretto Padano.

- Delibera 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, LR n° 24/2017).




Tav. 1 - Ubicazione area di studio

Scala 1:10000



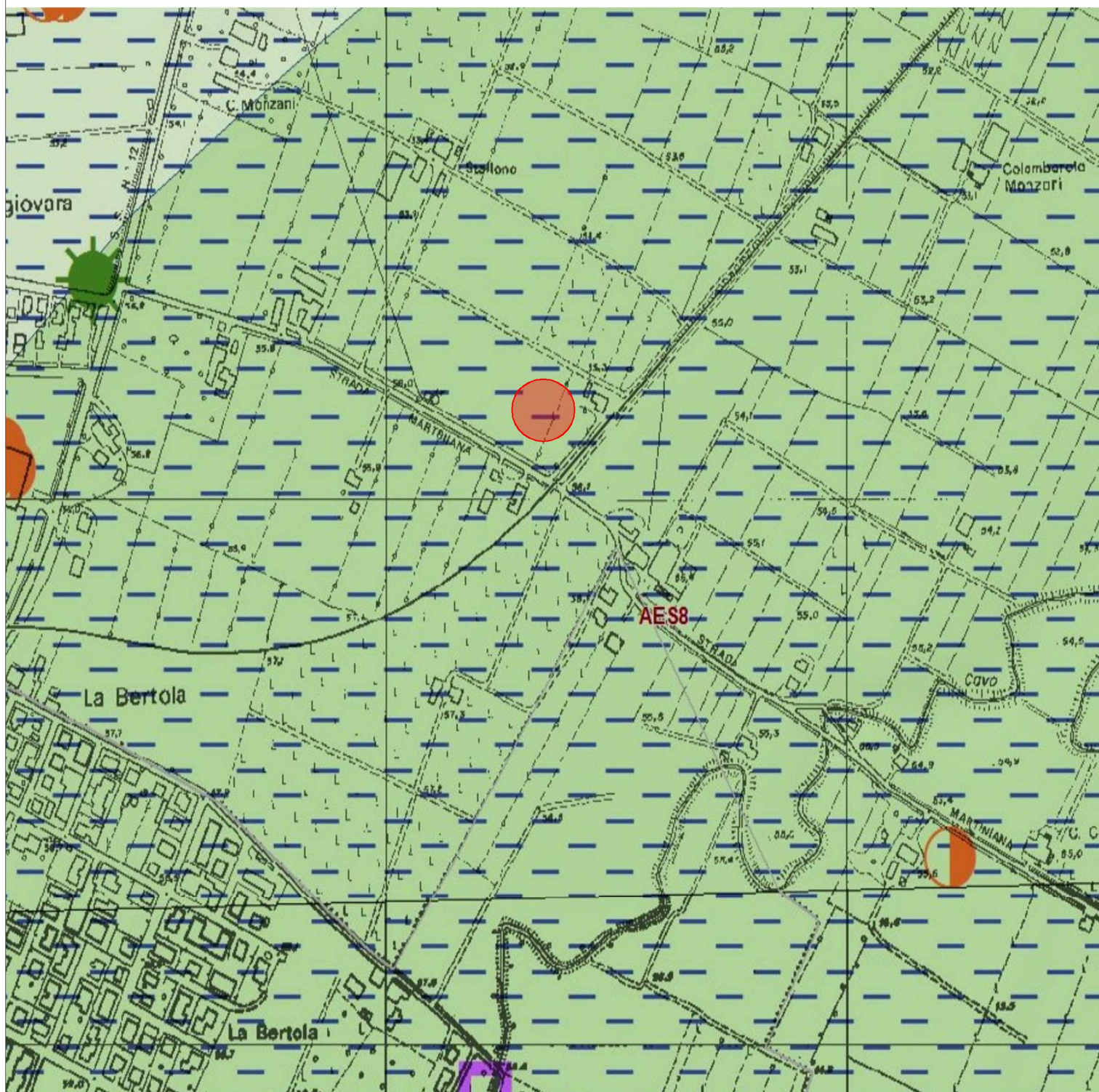
Legenda

 Area studiata



Tav. 2 - Estratto carta geologica

Scala 1:5000



LEGENDA

Depositi quaternari

AES8 Subsistema di Ravenna

↳ AES8a Unità di Modena



Area studiata

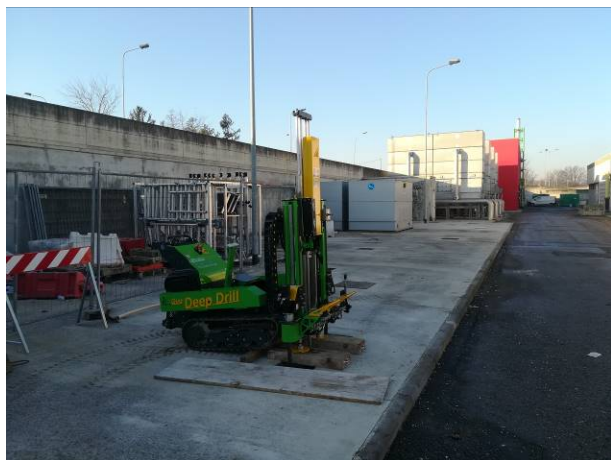


Tav. 3 - Ubicazione indagini in situ
Scala 1:500



RAPPORTO FOTOGRAFICO

Indagini penetrometriche CPT



CPT1



CPT2



CPT3

Prospezioni geofisiche



Re.Mi. – M.A.S.W. 46 m



HVSr

Prospezione geofisica integrata Re.Mi. - M.A.S.W.

Committente: S.S.R. ER - Az. Ospedaliero - Univ. Modena

Cantiere: Ospedale Civile Baggiovara

Caratteristiche geometriche stendimento:

n° geofoni: 24

distanza geofoni: 2,0 m

lunghezza stendimento: 46,0 m

Località: Baggiovara - Modena

Data: 04/01/2021

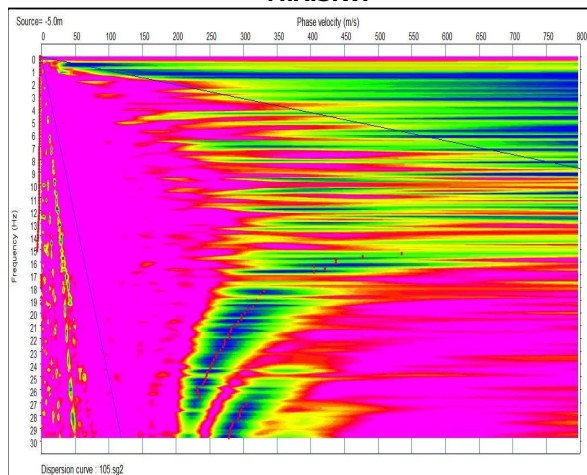
Caratteristiche acquisizioni:

sismografo: GEOMETRICS GEODE

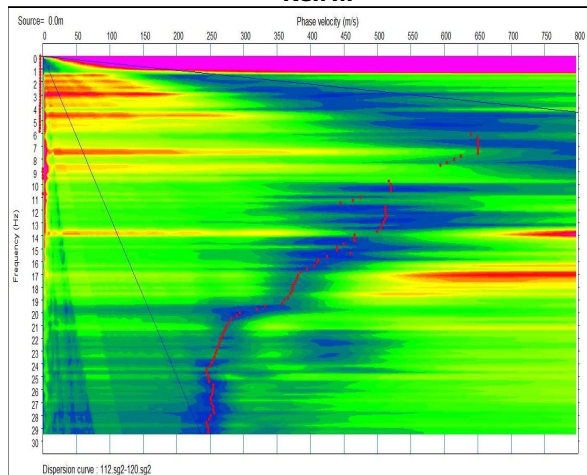
frequenza campionamento: 500 Hz

durata acquisizioni: 30 sec

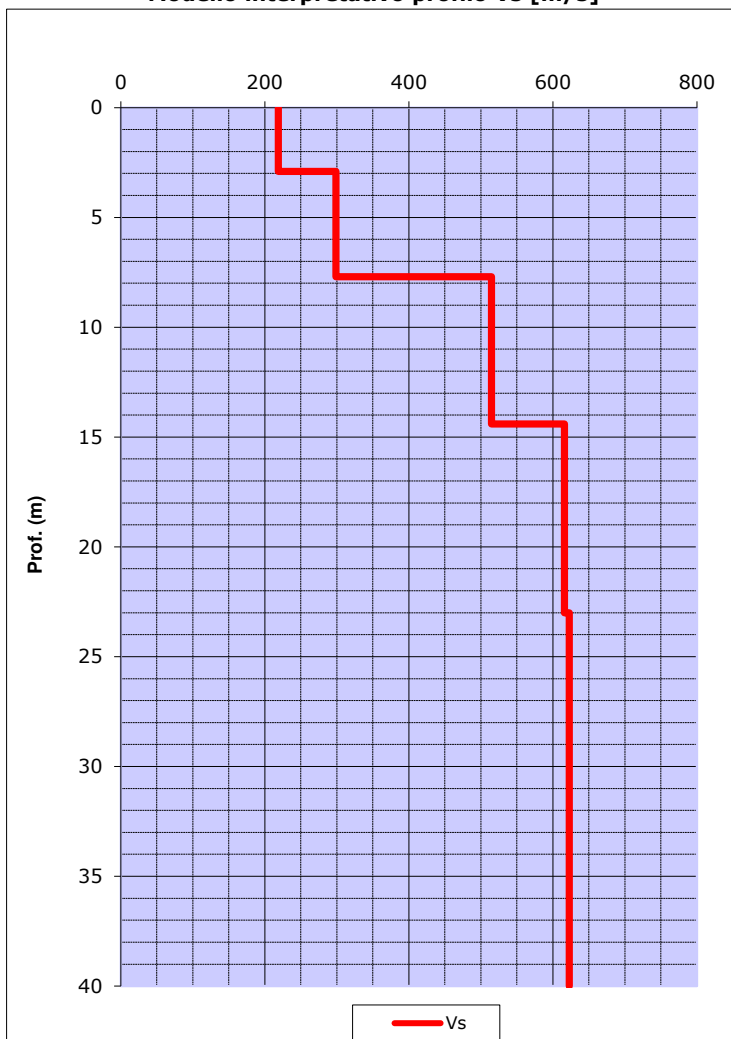
M.A.S.W.



Re.Mi.



Modello interpretativo profilo Vs [m/s]



Strato n°	Da [m]	A [m]	ΔH (m)	Vs [m/sec]	hi/Vi
1	1.4	2.9	1.5	219	0.0068
2	2.9	7.7	4.8	299	0.0161
3	7.7	14.4	6.7	515	0.0130
4	14.4	23.0	8.6	616	0.0140
5	23.0	31.4	8.4	623	0.0135

Vs Eq:

474

m/sec

Dott. Geol. Marco Boccaletti - Via Terracini 22, 41012 Carpi (MO)

Cell. 328 - 0037410 - e.mail: info@marcoboccaletti.it

Dott. Geol. Marco Boccaletti

Via Terracini 22, 41012 Carpi (MO) cel. 328/0037410 mail: info@marcoboccaletti.it

Prospezione geofisica a stazione singola HVSR

Committente: Servizio Sanitario Reg. ER -
Az. Ospedaliero - Univ. Modena

Cantiere: Ospedale Civile Baggiovara

Località: Baggiovara, Modena

Data acquisizione: 04/01/2021

Caratteristiche strumentali e dell'acquisizione:

Instrument: TRZ-0134/01-11

Trace Length: 40 min

Window size: 20 sec

Smoothing type: Triangular window

Channel labels: N - S; E - W; Up Down

Data GPS: not available

Sampling rate: 128 Hz

Smoothing: 10%

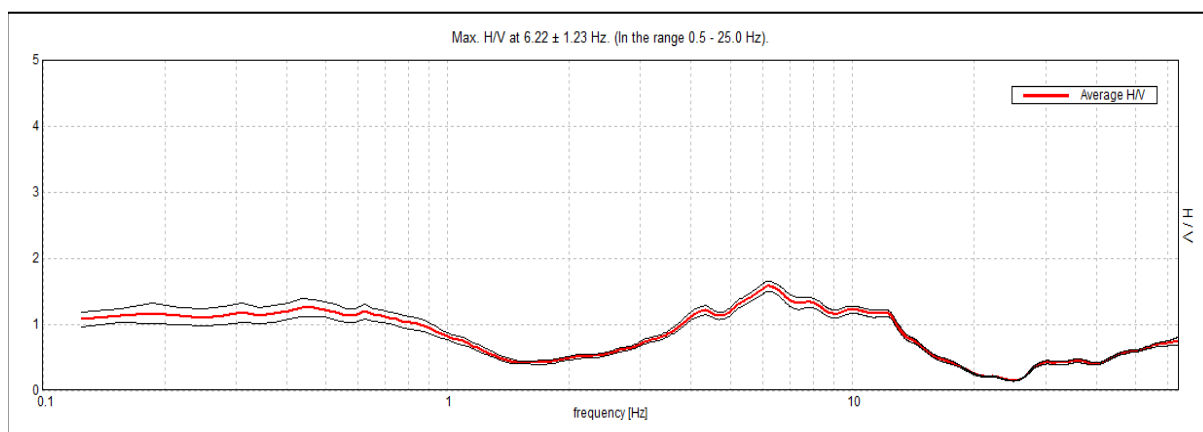


Fig.1: H/V spectral Ratio

Max. H/V at 6.22 ± 1.23 Hz (in the range 0.5 - 25.0 Hz).

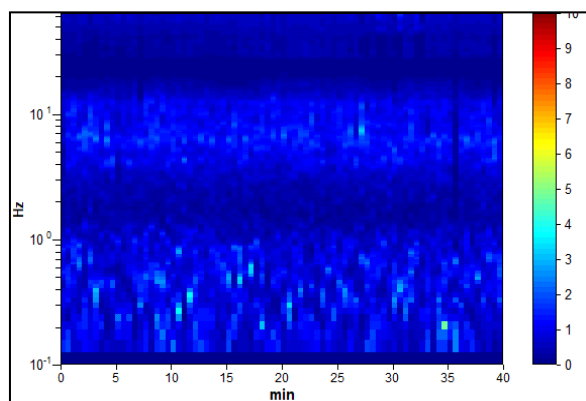


Fig. 2: H/V Time History

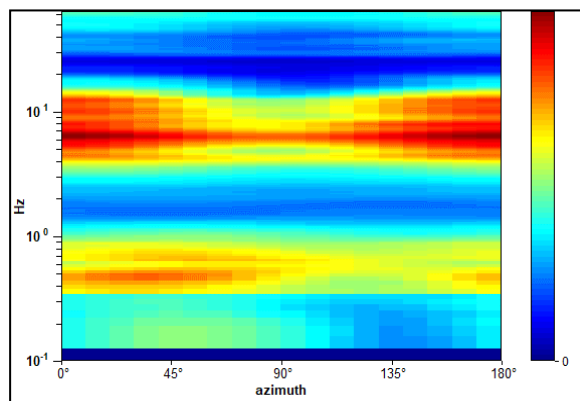


Fig. 3: Directional H/V

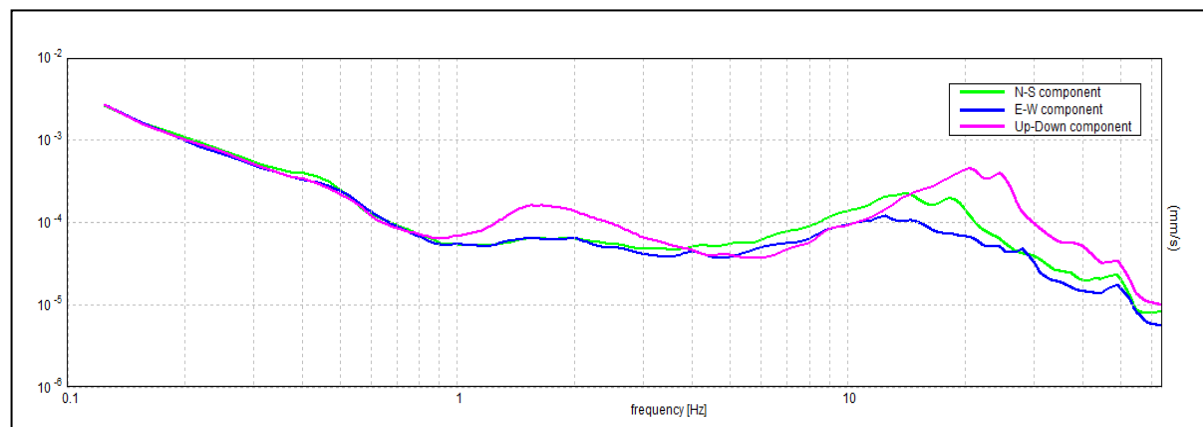


Fig. 4: Single Component Spectra

[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 6.22 ± 1.23 Hz (in the range 0.5 - 25.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.22 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$14925.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 300 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.58 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19701 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.22517 < 0.31094$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0785 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Dott. Geol. Marco Boccaletti Consulenze in geologia, geofisica ed idrogeologia cel 328 0037410 //info@marcoboccaletti.it		Prova penetrometrica statica CPT	
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti STRUMENTO: modello SP-100		COMMITTENTE: Azienda Ospedaliero – Univ Mo CANTIERE: Baggiovara	
Quota: p.c.	Profondità falda:	foro vuoto	Data: 13/01/2021

1

Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2				
0.4				
0.6				
0.8				
1.0	9	13	0.27	19.29
1.2	5	12	0.47	15.00
1.4	7	12	0.33	17.50
1.6	7	13	0.40	17.50
1.8	8	14	0.40	20.00
2.0	10	16	0.40	21.43
2.2	6	13	0.47	11.25
2.4	22	30	0.53	66.00
2.6	20	25	0.33	37.50
2.8	22	30	0.53	66.00
3.0	11	16	0.33	41.25
3.2	5	9	0.27	18.75
3.4	9	13	0.27	45.00
3.6	11	14	0.20	20.63
3.8	10	18	0.53	13.64
4.0	7	18	0.73	17.50
4.2	50	56	0.40	19.74
4.4	62	100	2.53	51.67
4.6	10	28	1.20	9.38
4.8	40	56	1.07	20.00
5.0	24	54	2.00	20.00
5.2	28	46	1.20	16.15
5.4	24	50	1.73	16.36
5.6	16	38	1.47	16.00
5.8	21	36	1.00	16.58
6.0	25	44	1.27	10.42
6.2	64	100	2.40	16.00
6.4	200	260	4.00	50.00
6.6	300	360	4.00	
6.8				
7.0				
7.2				
7.4				
7.6				
7.8				
8.0				
8.2				
8.4				
8.6				
8.8				
9.0				
9.2				
9.4				
9.6				
9.8				
10.0				

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
10.2				
10.4				
10.6				
10.8				
11.0				
11.2				
11.4				
11.6				
11.8				
12.0				
12.2				
12.4				
12.6				
12.8				
13.0				
13.2				
13.4				
13.6				
13.8				
14.0				
14.2				
14.4				
14.6				
14.8				
15.0				
15.2				
15.4				
15.6				
15.8				
16.0				
16.2				
16.4				
16.6				
16.8				
17.0				
17.2				
17.4				
17.6				
17.8				
18.0				
18.2				
18.4				
18.6				
18.8				
19.0				
19.2				
19.4				
19.6				
19.8				
20.0				

OPERATORE: Dott. M. Boccaletti

COMMITTENTE:

Azienda Ospedaliero – Univ Modena

STRUMENTO: SP -100

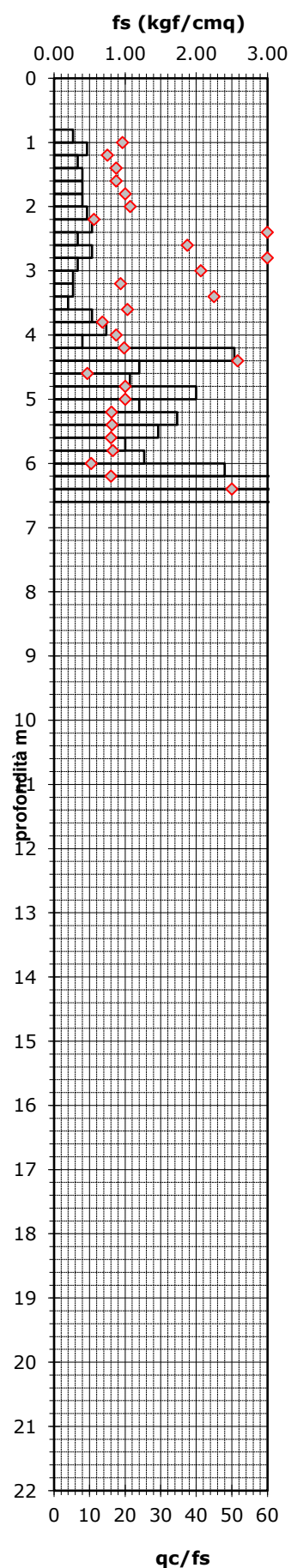
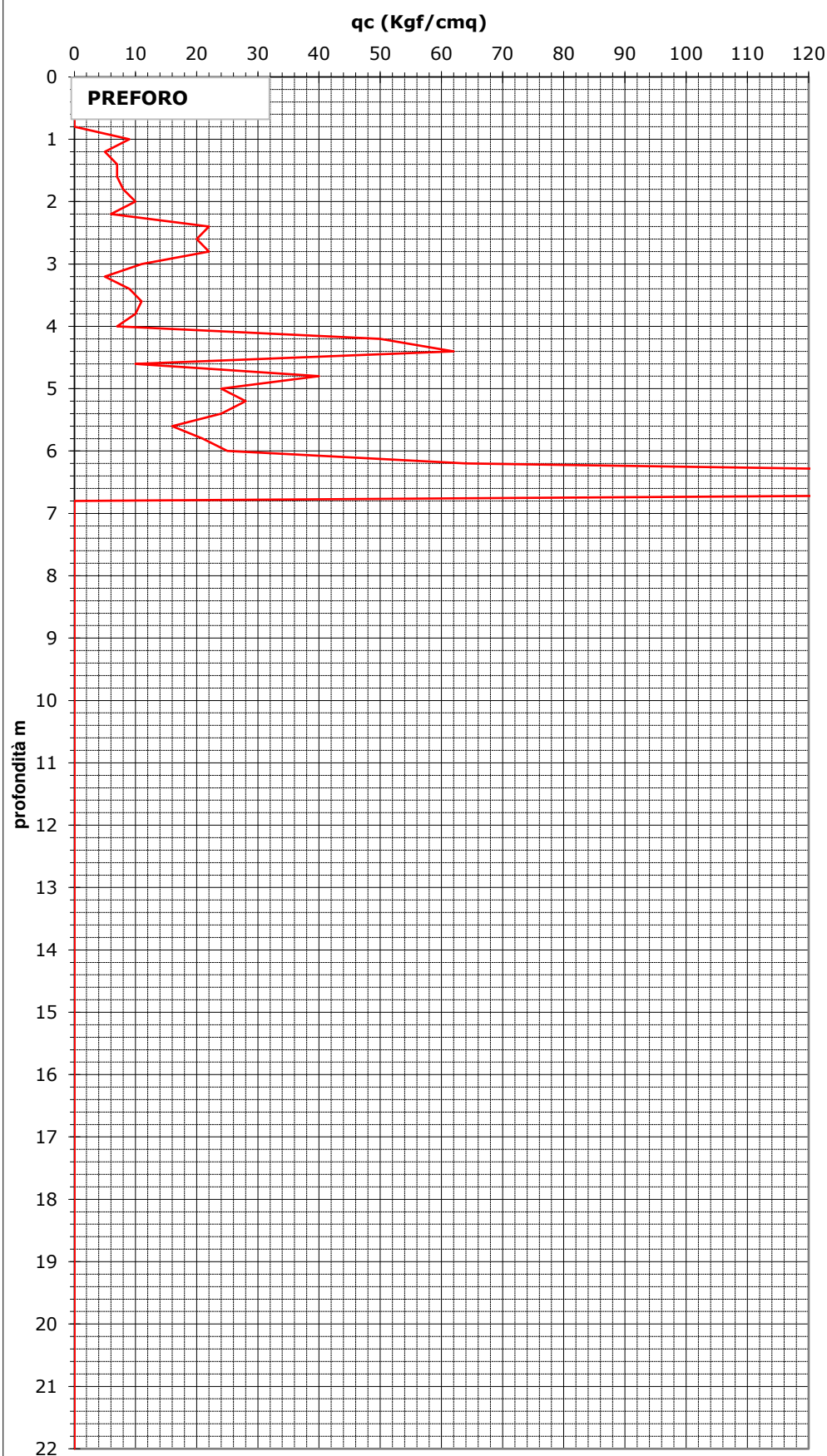
CANTIERE:

Baggiovara

Quota: p.c.

Profondità falda: foro vuoto

Data: 13/01/2021



Dott. Geol. Marco Boccaletti Consulenze in geologia, geofisica ed idrogeologia cel 328 0037410 //info@marcoboccaletti.it		Prova penetrometrica statica CPT	
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti STRUMENTO: modello SP-100		COMMITTENTE: Azienda Ospedaliero – Univ Mo CANTIERE: Baggiovara	
Quota: p.c.	Profondità falda:	foro chiuso a -2,60 m p.c.	Data: 13/01/2021

Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2				
0.4				
0.6				
0.8	7	14	0.47	17.50
1.0	13	19	0.40	39.00
1.2	18	23	0.33	90.00
1.4	19	22	0.20	35.63
1.6	11	19	0.53	23.57
1.8	17	24	0.47	36.43
2.0	6	13	0.47	11.25
2.2	7	15	0.53	21.00
2.4	8	13	0.33	20.00
2.6	13	19	0.40	65.00
2.8	25	28	0.20	28.85
3.0	21	34	0.87	26.25
3.2	17	29	0.80	14.17
3.4	23	41	1.20	20.29
3.6	25	42	1.13	93.75
3.8	24	28	0.27	51.43
4.0	23	30	0.47	34.50
4.2	21	31	0.67	7.16
4.4	22	66	2.93	8.25
4.6	100	140	2.67	75.00
4.8	140	160	1.33	105.00
5.0	150	170	1.33	56.25
5.2	140	180	2.67	42.00
5.4	70	120	3.33	20.19
5.6	38	90	3.47	19.00
5.8	110	140	2.00	16.50
6.0	200	300	6.67	100.00
6.2	330	360	2.00	
6.4				
6.6				
6.8				
7.0				
7.2				
7.4				
7.6				
7.8				
8.0				
8.2				
8.4				
8.6				
8.8				
9.0				
9.2				
9.4				
9.6				
9.8				
10.0				

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
10.2				
10.4				
10.6				
10.8				
11.0				
11.2				
11.4				
11.6				
11.8				
12.0				
12.2				
12.4				
12.6				
12.8				
13.0				
13.2				
13.4				
13.6				
13.8				
14.0				
14.2				
14.4				
14.6				
14.8				
15.0				
15.2				
15.4				
15.6				
15.8				
16.0				
16.2				
16.4				
16.6				
16.8				
17.0				
17.2				
17.4				
17.6				
17.8				
18.0				
18.2				
18.4				
18.6				
18.8				
19.0				
19.2				
19.4				
19.6				
19.8				
20.0				

OPERATORE: Dott. M. Boccaletti

COMMITTENTE:

Azienda Ospedaliero – Univ Modena

STRUMENTO: SP -100

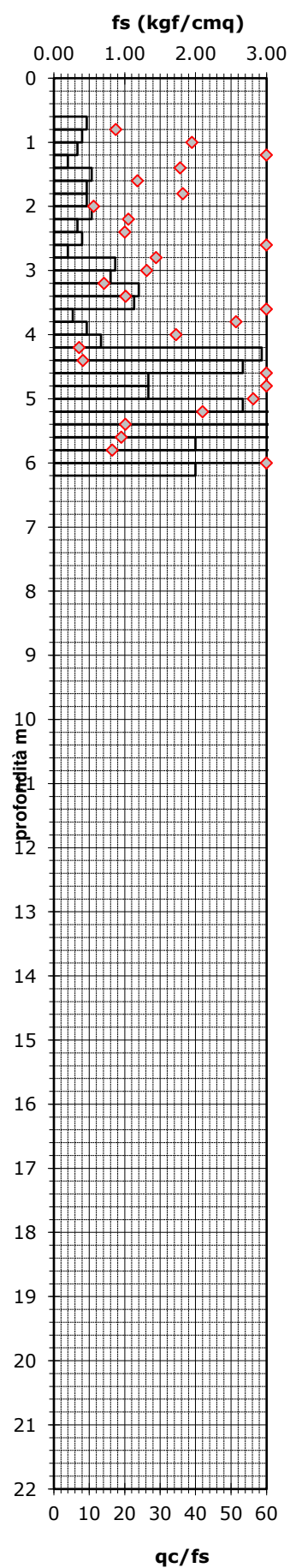
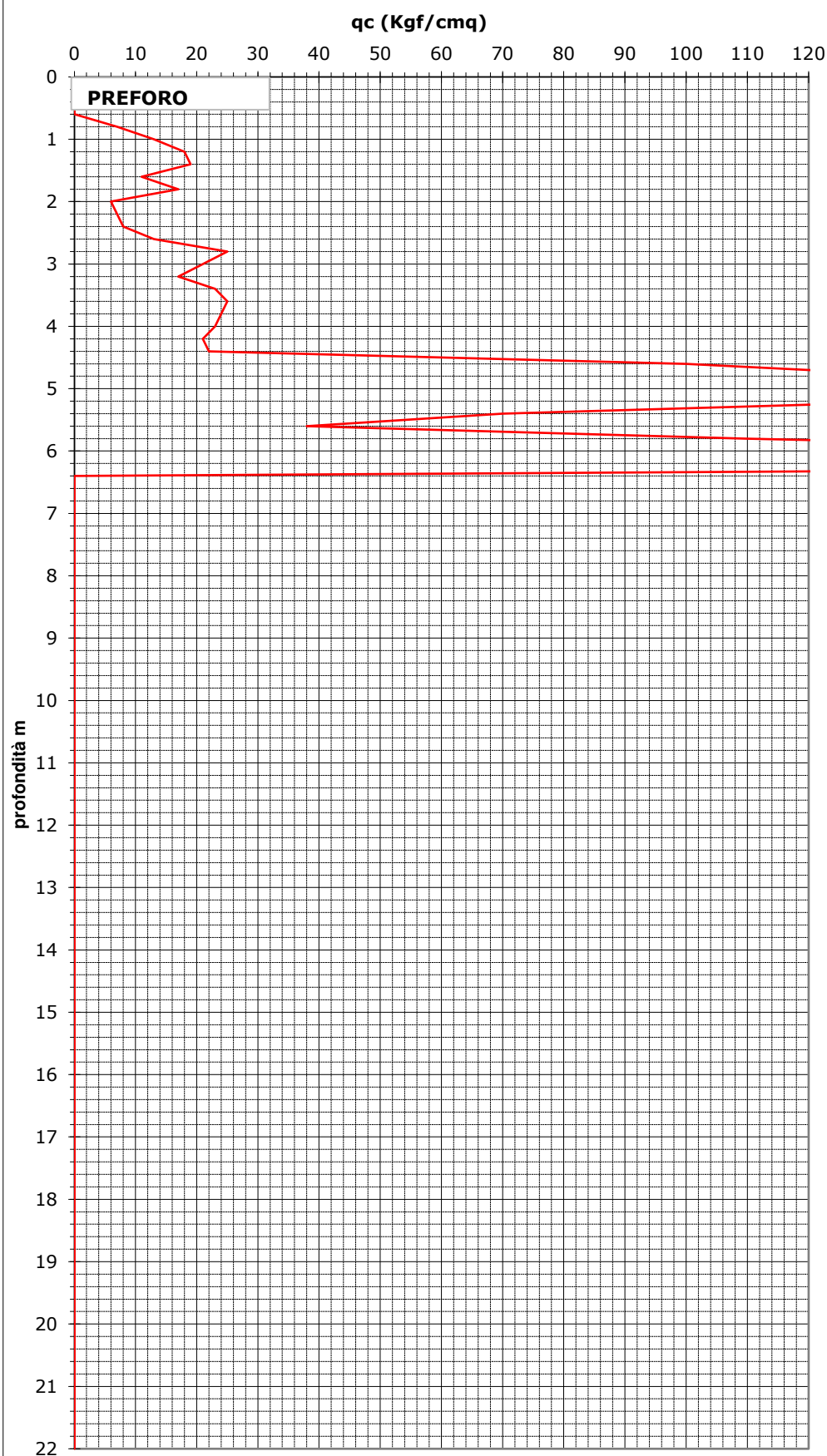
CANTIERE:

Baggiovara

Quota: p.c.

Profondità falda: foro chiuso a -2,60 m p.c.

Data: 13/01/2021



Dott. Geol. Marco Boccaletti Consulenze in geologia, geofisica ed idrogeologia cel 328 0037410 //info@marcoboccaletti.it		Prova penetrometrica statica CPT	
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti STRUMENTO: modello SP-100		COMMITTENTE: Azienda Ospedaliero – Univ Mo CANTIERE: Baggiovara	
Quota: p.c.	Profondità falda:	foro chiuso a -2,60 m p.c.	Data: 13/01/2021

Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2				
0.4				
0.6				
0.8	7	10	0.20	21.00
1.0	9	14	0.33	19.29
1.2	9	16	0.47	16.88
1.4	8	16	0.53	17.14
1.6	9	16	0.47	19.29
1.8	9	16	0.47	27.00
2.0	9	14	0.33	27.00
2.2	6	11	0.33	15.00
2.4	8	14	0.40	30.00
2.6	10	14	0.27	30.00
2.8	8	13	0.33	24.00
3.0	7	12	0.33	26.25
3.2	7	11	0.27	21.00
3.4	7	12	0.33	17.50
3.6	8	14	0.40	17.14
3.8	14	21	0.47	23.33
4.0	13	22	0.60	21.67
4.2	16	25	0.60	34.29
4.4	12	19	0.47	25.71
4.6	9	16	0.47	27.00
4.8	28	33	0.33	70.00
5.0	9	15	0.40	33.75
5.2	10	14	0.27	37.50
5.4	15	19	0.27	32.14
5.6	19	26	0.47	28.50
5.8	60	70	0.67	18.00
6.0	90	140	3.33	67.50
6.2	80	100	1.33	50.00
6.4	16	40	1.60	8.00
6.6	190	220	2.00	35.63
6.8	310	390	5.33	
7.0				
7.2				
7.4				
7.6				
7.8				
8.0				
8.2				
8.4				
8.6				
8.8				
9.0				
9.2				
9.4				
9.6				
9.8				
10.0				

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
10.2				
10.4				
10.6				
10.8				
11.0				
11.2				
11.4				
11.6				
11.8				
12.0				
12.2				
12.4				
12.6				
12.8				
13.0				
13.2				
13.4				
13.6				
13.8				
14.0				
14.2				
14.4				
14.6				
14.8				
15.0				
15.2				
15.4				
15.6				
15.8				
16.0				
16.2				
16.4				
16.6				
16.8				
17.0				
17.2				
17.4				
17.6				
17.8				
18.0				
18.2				
18.4				
18.6				
18.8				
19.0				
19.2				
19.4				
19.6				
19.8				
20.0				

OPERATORE: Dott. M. Boccaletti

COMMITTENTE:

Azienda Ospedaliero – Univ Modena

STRUMENTO: SP -100

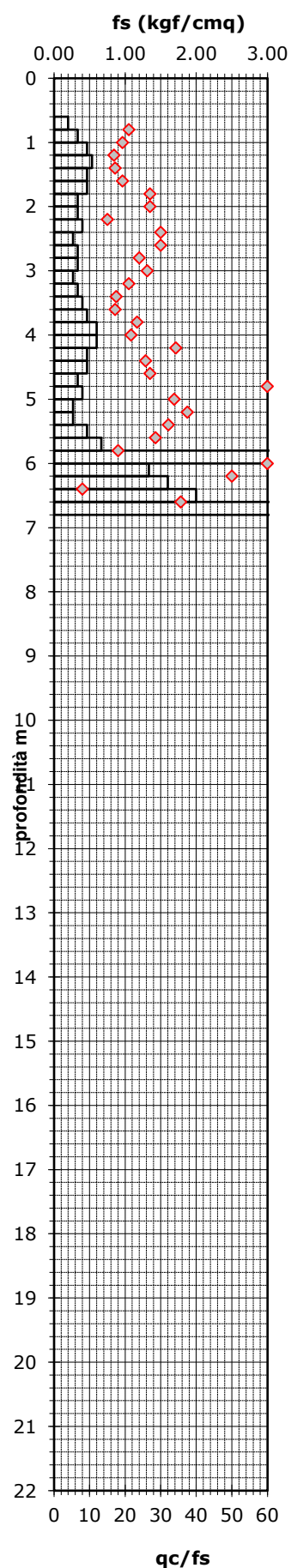
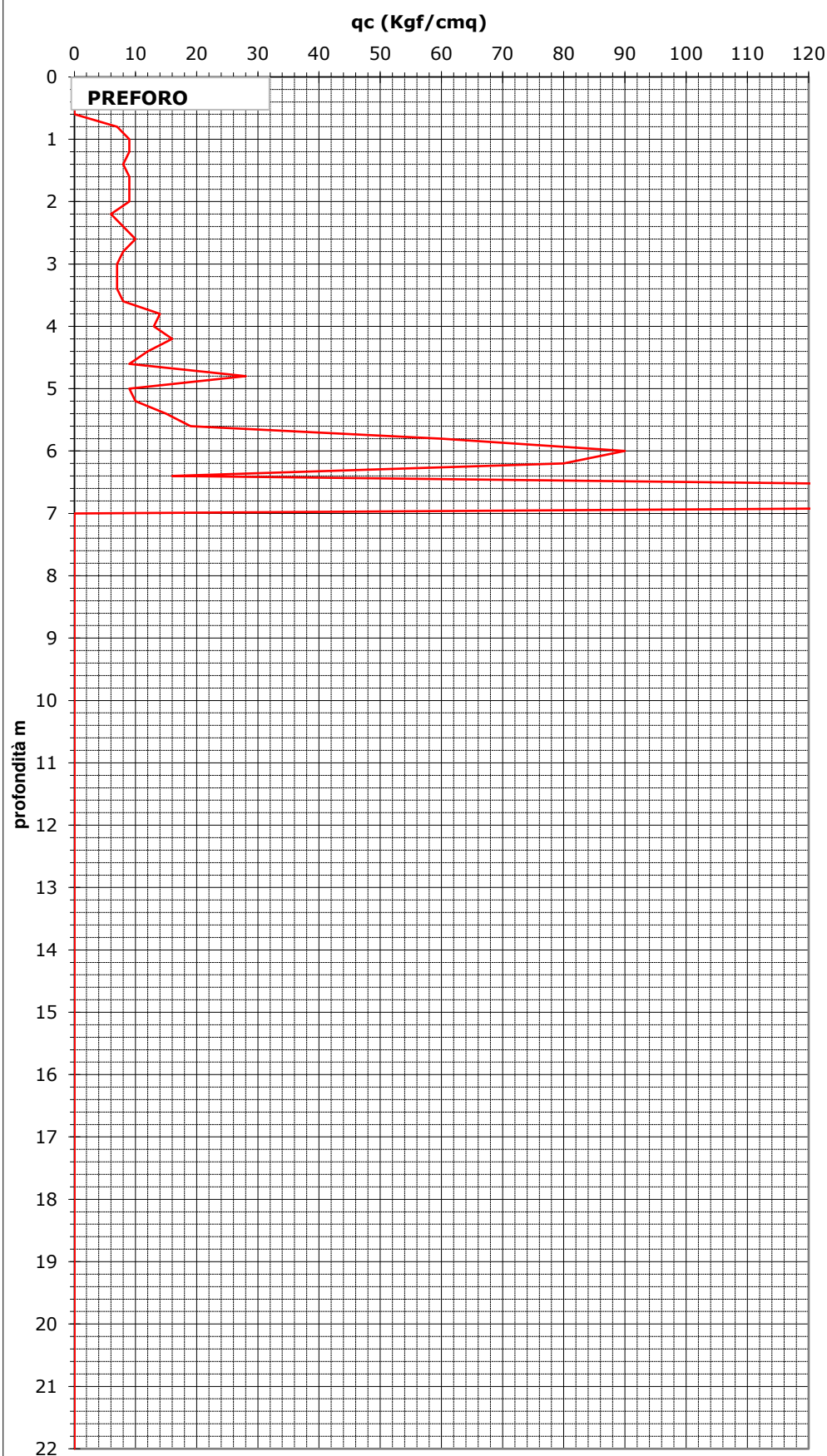
CANTIERE:

Baggiovara

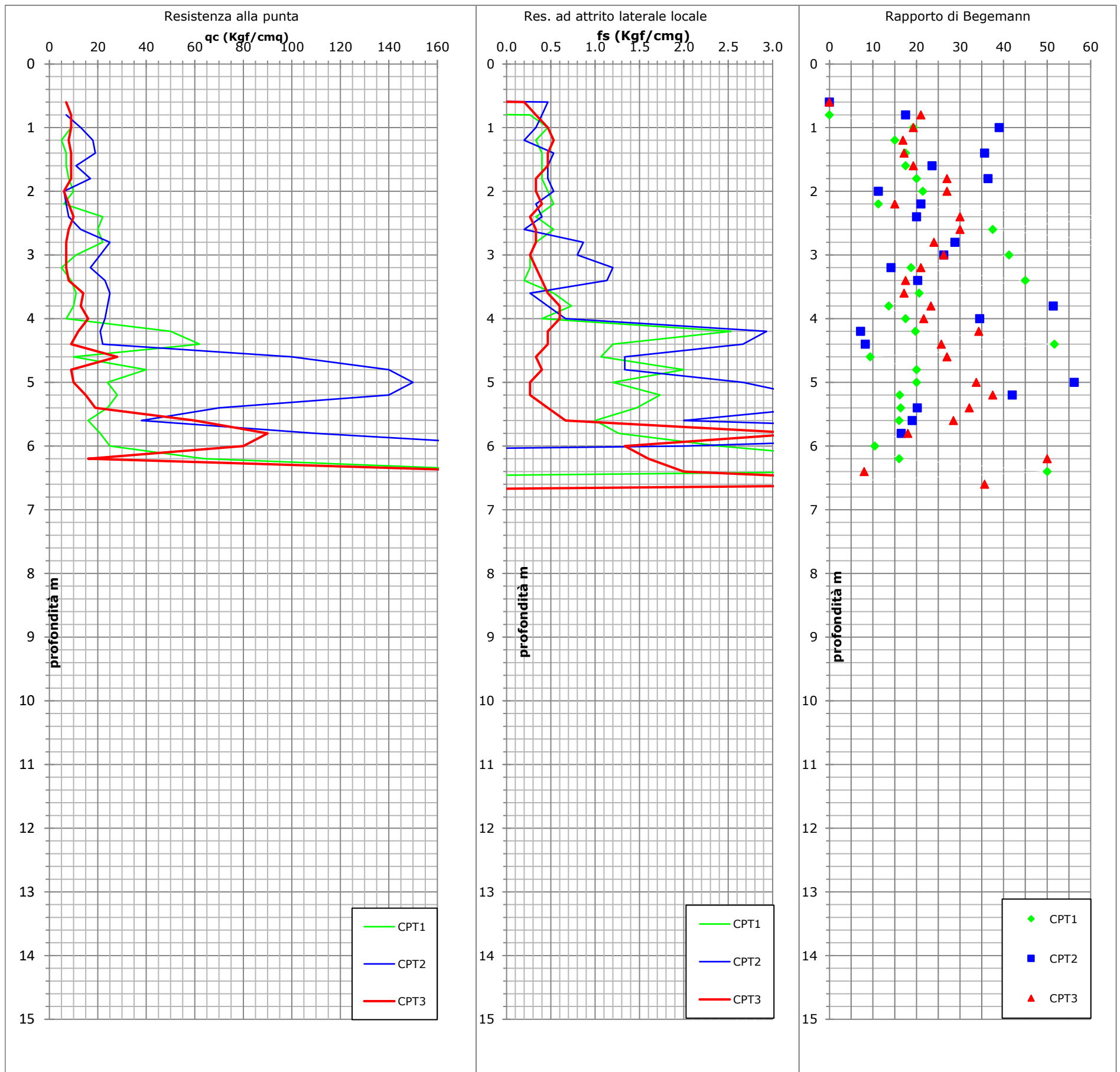
Quota: p.c.

Profondità falda: foro chiuso a -2,60 m p.c.

Data: 13/01/2021



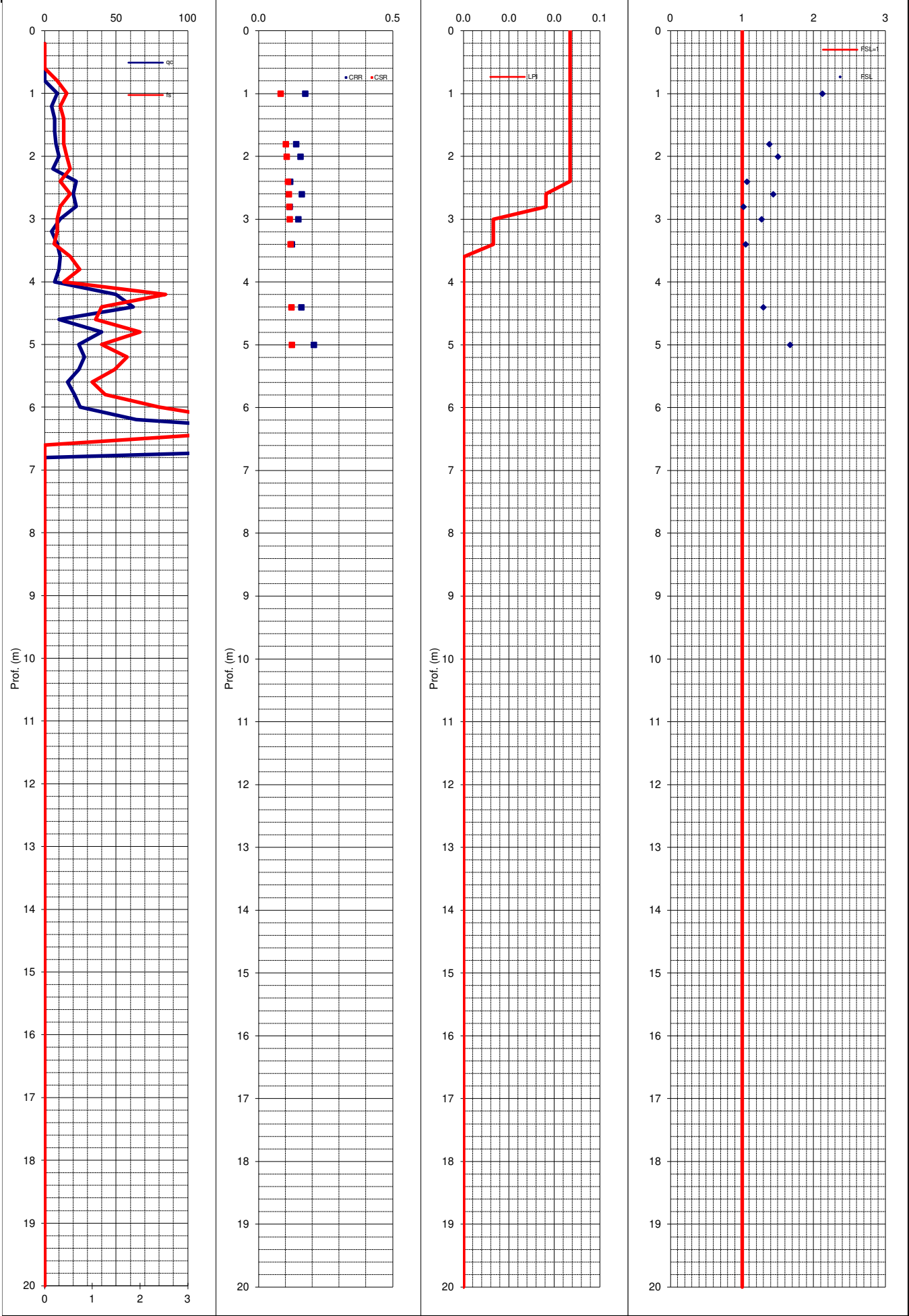
Analisi statistica dati penetrometrici



qc (kgf/cm²)						
	UGT1	UGT1sl	UGT1bis	UGT2	UGT2bis	UGT3
campioni	28	3	9	20	10	18
Minimo	5.00	20.00	6.00	10.00	9.00	16.00
Massimo	11.00	22.00	19.00	62.00	28.00	330.00
Media	8.07	21.33	11.78	25.70	14.50	143.78
Moda	9.00	22.00	7.00	24.00	9.00	200.00
Mediana	8.00	22.00	11.00	23.50	13.50	125.00
Dev. Stand.	1.58	0.94	4.87	11.83	5.43	91.77
Media troncata	8.08	21.33	11.78	23.69	13.50	140.13
t student	1.70	2.92	1.86	1.73	1.83	1.74
qck	7.55	19.39	8.58	21.01	11.18	105.06

fs (kgf/cm²)						
	UGT1	UGT1sl	UGT1bis	UGT2	UGT2bis	UGT3
campioni	28	3	9	20	10	18
Minimo	0.20	0.33	0.20	0.20	0.27	0.67
Massimo	0.73	0.53	0.53	2.93	0.60	6.67
Media	0.38	0.47	0.41	1.14	0.43	2.79
Moda	0.33	0.53	0.47	1.20	0.47	1.33
Mediana	0.33	0.53	0.47	1.10	0.47	2.53
Dev. Stand.	0.11	0.09	0.10	0.71	0.11	1.49
Media troncata	0.37	0.47	0.41	1.05	0.43	2.68
t student	1.70	2.92	1.86	1.73	1.83	1.74
fsk	0.34	0.27	0.35	0.86	0.36	2.16

VERIFICA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE COL METODO DI ROBERTSON & WRIE MODIFICATO (1998)					
Cantiere:	Baggiovara	Quota inizio:	p.c.	PROVA N°: 1	
Località:	Baggiovara	Prof. falda:	foro vuoto	Prof. Falda considerata	1
Operatore:	Dr. M. Boccaletti	DATA	13/01/2021	amax/g	0.194
MSF (Idriss, 1997)		Indice del Potenziale di liquefazione I_L		Magnitudo attesa M	6.14
	1.67		0.047		



VERIFICA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE COL METODO DI ROBERTSON & WRIE MODIFICATO (1998)

Cantiere: Baggiovara
Località: Baggiovara
Operatore: Dr. M. Boccaletti

Quota inizio: p.c.
Prof. falda: foro vuoto
DATA 13/01/2021

PROVA N°: 2

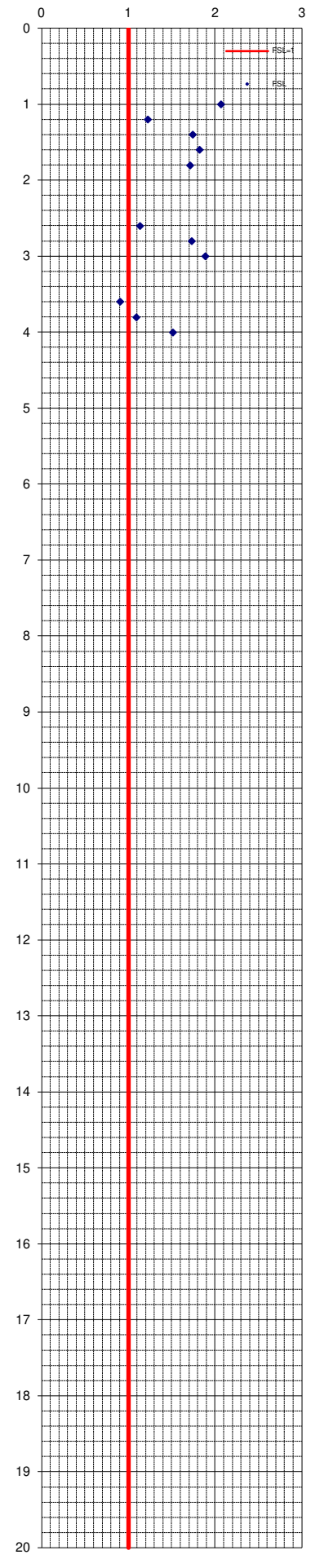
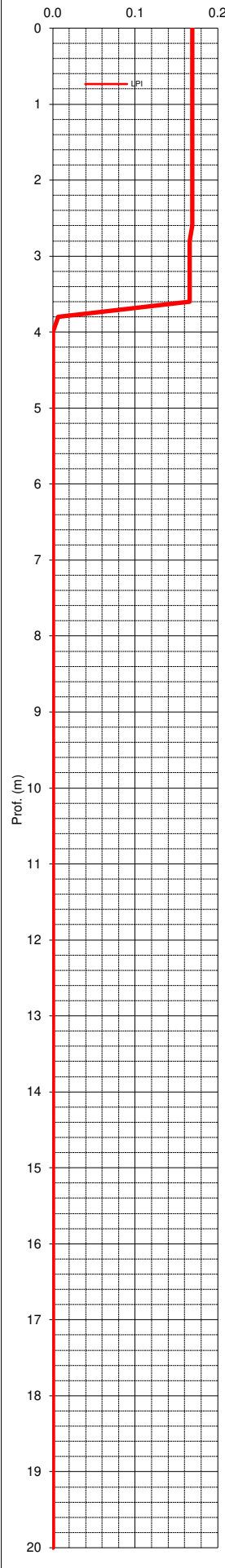
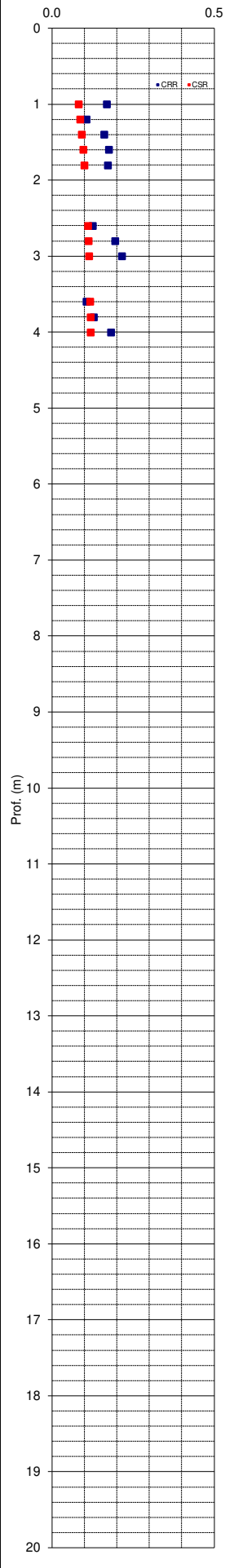
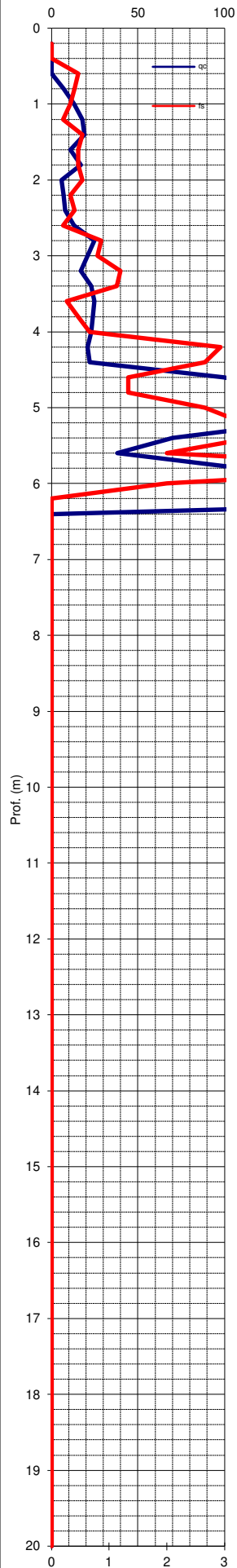
Prof. Falda considerata	1
amax/g	0.194
Magnitudo attesa M	6.14

MSF (Idriss, 1997)

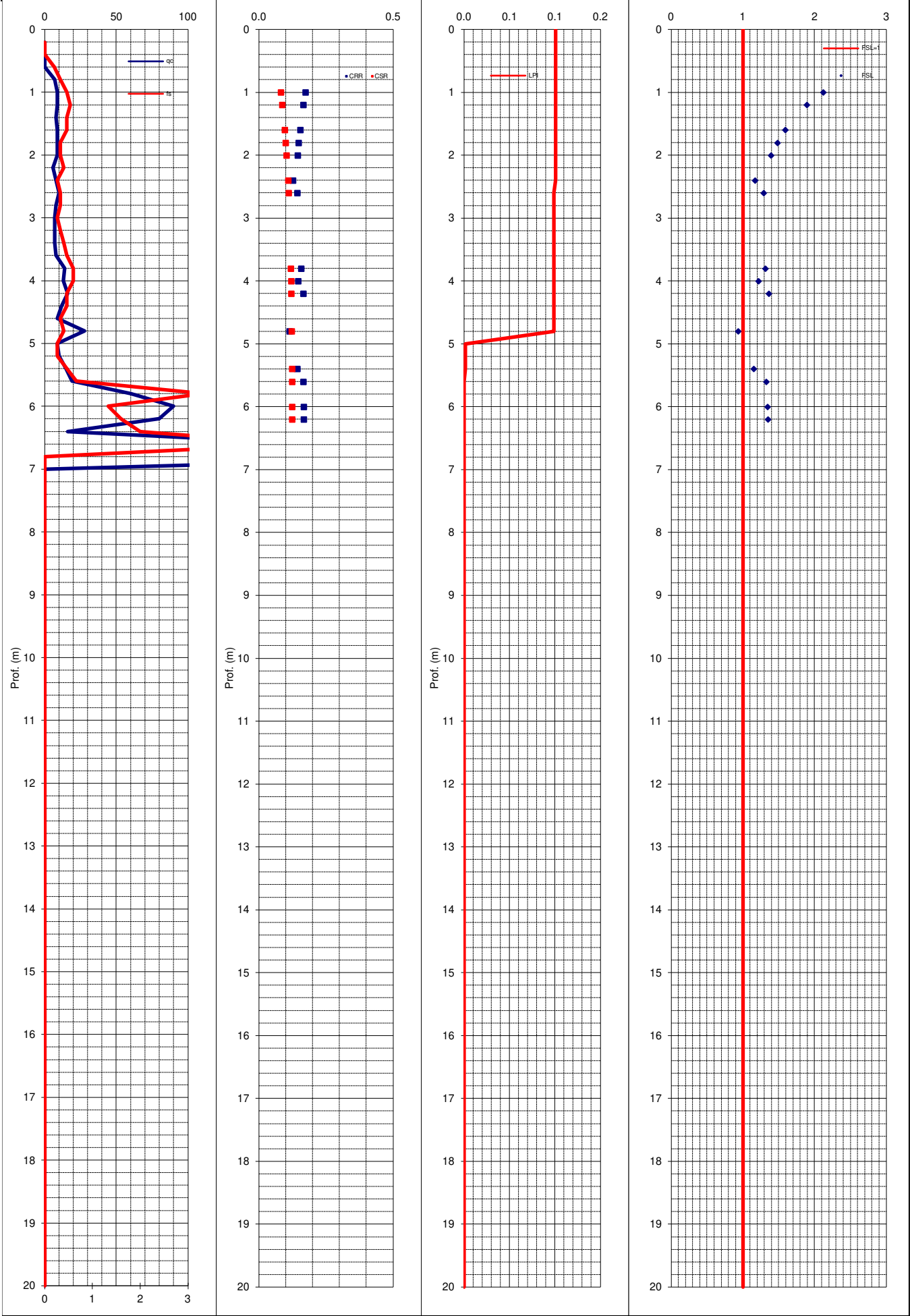
1.67

Indice del Potenziale di liquefazione I_L

0.169



VERIFICA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE COL METODO DI ROBERTSON & WRIDE MODIFICATO (1998)					
Cantiere:	Baggiovara	Quota inizio:	p.c.	PROVA N°:3	
Località:	Baggiovara	Prof. falda:	foro vuoto	Prof. Falda considerata	1
Operatore:	Dr. M. Boccaletti	DATA	13/01/2021	amax/g	0.194
MSF (Idriss, 1997)		Indice del Potenziale di liquefazione I _L		0.101	Magnitudo attesa M
					6.14



VERIFICA AL COLLASSO TERRENO FONDAZIONE: APPROCCIO2 - A1+M1+ R3**Fondazioni dirette****PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO**

γ	0.00183	kg/cmc
γ'	0.00183	kg/cmc
Cu	0.36	kgf/cm ²
c'	0.06	kgf/cm ²
ϕ'	22	°
Prof. H ₂ O	250	cm
γ^*H	0.201	kg/cm ²
$\phi' / \text{grad.}$	0.384	

CARATTERISTICHE FONDALI

B	100	cm
D	140	cm
D'	110	cm
Nc	10.4	
Nq	6.0	
N γ	3.2	
sc	1.00	
sq	1.00	
s γ	1.00	
zc	0.94	
zq	0.79	
z γ	0.79	
α	2.44	

SISMA

Categoria sismica	B
β	0.240
pga SLV	0.162
Ss	1.200
St	1.000
amax	0.194
kh	0.047
Kv	0.023

Tensioni ammissibili (valore indicativo DM 11/3/1988)

	Critica		Ammissibile	
Tensioni efficaci (CD)	2.12	kgf/cm ²	0.71	kgf/cm ²
Tensioni totali (CU)	2.07	kgf/cm ²	0.69	kgf/cm ²

Rottura per carico critico

Tensioni totali (CU)		Tensioni efficaci (CD)	
R =	1.33 kgf/cm ²	R =	0.85 kgf/cm ²

Stato limite ultimo R - M1**Condizioni statiche SLU**

Tensioni totali (CU)		Tensioni efficaci (CD)	
R =	2.07 kgf/cm ²	R =	2.12 kgf/cm ²

Condizioni dinamiche SLV

Tensioni totali (CU)		Tensioni efficaci (CD)	
R =	1.92 kgf/cm ²	R =	1.78 kgf/cm ²

Capacità portante resistente DM 17/01/2018**Condizioni statiche SLU**

Tensioni totali (CU)		Tensioni efficaci (CD)	
R _d =	0.90 kgf/cm ²	R _d =	0.92 kgf/cm ²

Condizioni dinamiche SLV

Tensioni totali (CU)		Tensioni efficaci (CD)	
R _d =	0.83 kgf/cm ²	R _d =	0.77 kgf/cm ²

Dott. Geol. Marco Boccaletti - Via Terracini 22, 41012 Carpi (MO)

Cell. 328 - 0037410 - e.mail: info@marcoboccaletti.it