

COMUNE DI CASALGRANDE

Provincia di Reggio Emilia

RECUPERO FUNZIONALE STRUTTURA POLIVALENTE BOCCIODROMO, IN VIA SANTA RIZZA – CASALGRANDE

Relazione Geologica e Sismica



DATA:

Giugno 2016

VERSIONE:

PRATICA N°

33/16

COMMITTENZA:

COMUNE DI CASALGRANDE

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti



GEODES s.r.l.

Via Michelangelo, 1 – 41051 Castelnuevo Rangone (Mo)

Tel.: (059) 536629-535499 - Fax.: 5331612 – E-mail: geodes.srl@tiscali.it

Reg. Impr. Modena n° 02625920364 – Cap. Soc. 10.200 euro i.v. - Cod.Fisc. e Part. I.V.A. 02625920364

Relazione Geologica e Sismica

1. PREMESSA

La presente relazione riferisce dello studio geologico e sismico eseguito a corredo del progetto di recupero funzionale della struttura polivalente bocciodromo in Via Santa Rizza a Casalgrande (RE).

Nell'area d'intervento è stato eseguito uno studio geologico, caratterizzato da:

- analisi di dati bibliografici (PTCP RE, PSC Casalgrande);
- consultazione dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Casalgrande (2013);
- consultazione indagini geognostiche da banca dati RER e PSC Casalgrande;

In particolare per l'area d'intervento sono state considerate:

- n° 4 prove penetrometriche statiche CPT (All. 1);
- n° 2 prospezioni sismiche a rifrazione con metodologia MASW;
- n° 1 prospezione sismica passiva di microtremori con metodologia HVSR.

Così operando, si è inteso:

- valutare le condizioni geologiche-geomorfologiche e idrogeologiche dell'area;
- valutare le caratteristiche meccanico-resistive dei terreni di fondazione delle aree oggetto di verifica;
- individuare le possibili problematiche geotecniche;
- valutare la pericolosità sismica di base dell'area in studio;
- valutare i possibili effetti di sito.

Lo studio, pertanto, secondo i dettami della normativa vigente (D.M. 14.01.2008) e dello stato dell'arte, è rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica e sismica dell'area oggetto di verifica che consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici, e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

RELAZIONE GEOLOGICA

2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

2.1 ELEMENTI GEOGRAFICI DELL'AREA

L'area in studio è situata nel settore ovest dell'abitato di Casalgrande, al bordo meridionale dell'alta pianura reggiana, nel settore antistante le prime colline (Fig. 1-2).

FIGURA 1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 1:25.000 (Tav. Ctr n° 201so-219no)



2.1.1 RIFERIMENTI CARTOGRAFICI CTR

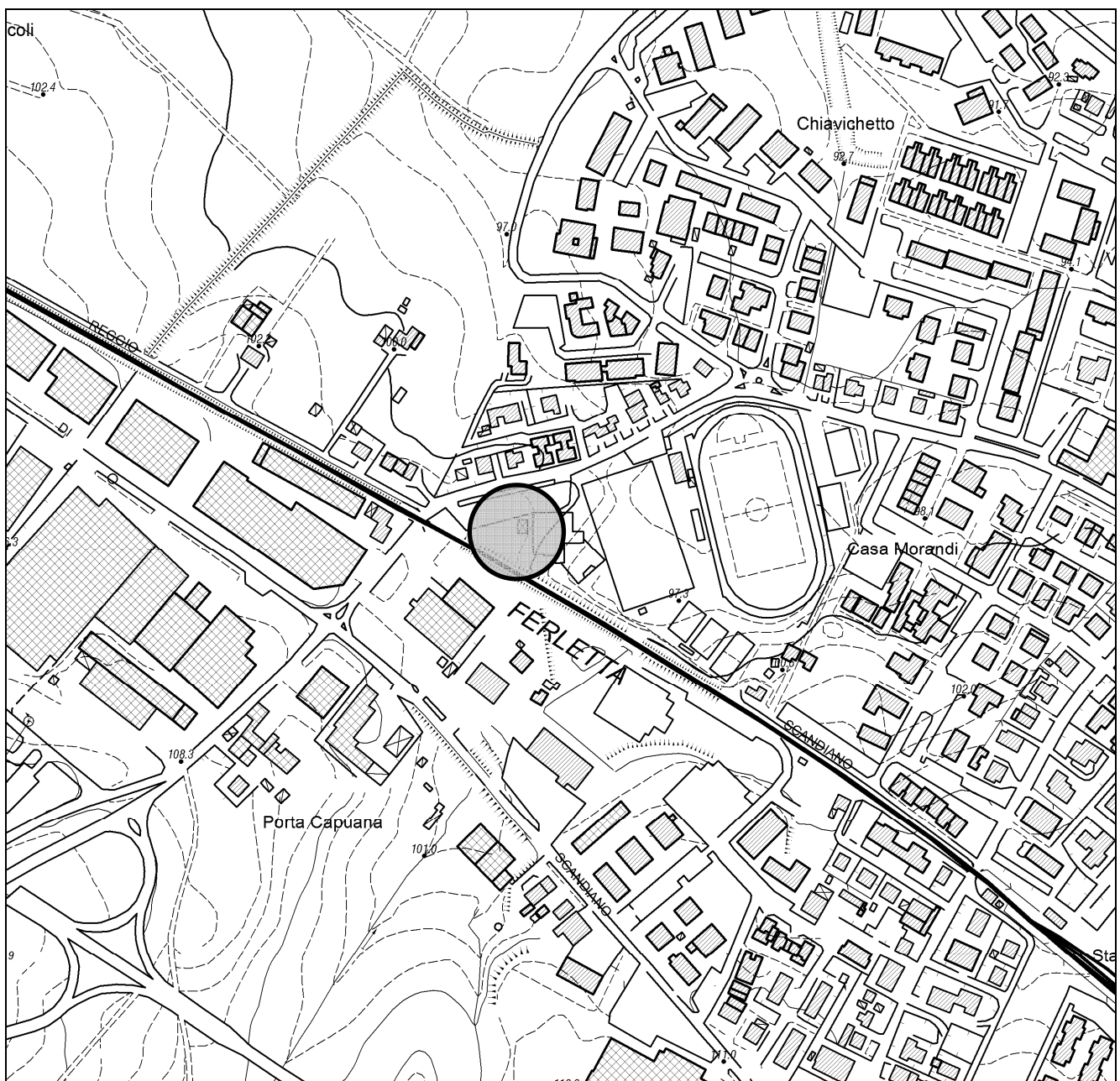
Cartograficamente l'area in studio è individuata sulla C.T.R. nelle Tavole 201so-219no (Fig. 1), nella Sezione n° 219010 alla scala 1:10.000 e nell'Elemento n° 219011 a scala 1:5.000 (Fig. 2).

2.2 MORFOLOGIA DELL'AREA

L'area in esame appartiene all'alta pianura reggiana, antistante la prima fascia collinare, nella zona di transizione fra terrazzi pedecollinari pleistocenici.

Questo settore dell'alta pianura reggiana è intensamente antropizzato con concentrazioni di urbanizzazione lungo gli assi stradali principali (S.P. n° 51 e S.S. n° 467), dove si sono sviluppati i centri abitati di Casalgrande, S. Antonino, Villalunga, Salvaterra e numerosi insediamenti industriali in gran parte legati all'attività ceramica.

FIGURA 2 - COROGRAFIA 1:5.000 (Elemento Ctr n° 219011)



Dal punto di vista morfologico, l'area in studio si sviluppa tra le quote 95-110 m s.l.m. e presenta una pendenza generale variabile in direzione SW-NE (Fig. 2).

Dal punto di vista topografico l'area oggetto di variante è caratterizzata da un profilo pianeggiante con deboli pendenze dell'ordine del 1-2% (0.5-1°) verso NE.

2.3 ELEMENTI GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico l'area studiata è stata plasmata prevalentemente dall'azione modellatrice dell'acqua che ha inciso e modificato l'originaria morfologia. Infatti durante gli interglaciali Riss-Würm e tardo würmiani si sono formati lungo la fascia pedecollinare estese coperture detritiche "glacis" di accumulo, ad opera dei corsi d'acqua, che scendendo impetuosi dal margine collinare, e in funzione del carico solido che erano in grado di trasportare, erodevano con le loro acque i terreni terrazzati più antichi, per poi depositare i sedimenti trasportati lungo la fascia di passaggio tra collina e alta pianura. Attualmente tale morfologia è riscontrabile nelle paleosuperfici pedogenizzate con suolo giallo-bruno, a loro volta intagliate da solchi e vallette di incisione dei piccoli corsi d'acqua. La zona terrazzata individuabile fra Villalunga-Dinazzano-Boglietti-Casalgrande rappresenta, per esempio, le vestigia di tale morfologia fluvioglaciale.

Gli elementi geomorfologici di maggior rilievo presenti nel territorio in studio, oltre alle scarpate che incidono i depositi del Mindel e del Riss, sono rappresentati dai con alluvionali terrazzati.

Attualmente tra gli agenti geomorfologici che modificano maggiormente la forma del territorio è da annoverare quello antropico, come evidenzia l'intensa urbanizzazione dell'area tra Casalgrande e S. Antonino.

2.4 ELEMENTI GEOLOGICI

L'area interessata dal presente studio appartiene geologicamente al bacino Pliocenico-Quaternario padano che, in seguito ad una generale subsidenza e per vari episodi glacio-lacustri con fasi marine trasgressive e regressive, si è andato colmandosi.

Dapprima con deposizione pelitica, poi sempre più francamente sabbiosa e con sedimentazione grossolana, passando da facies torbiditiche di bacino, a facies di scarpata poi litorali ed alluvionali con i depositi fluvio-lacustri delle alluvioni padane.

I depositi plio-pleistocenici che affiorano al bordo meridionale della pianura si immergono con direzione NNE e sono formati da argille grigio-azzurre con rari livelli di limi e sabbie. Sopra questa formazione si rinviene uno strato di terreni di età Calabrian, costituiti da sabbie con livelli di ghiaie sabbiose cementate, intervallati da strati argilloso-limosi. Questi terreni affioranti sulle pareti dei terrazzi più alti si incontrano a volte anche nelle successioni litostratigrafiche dei pozzi per acqua. Essi formano il substrato impermeabile dei depositi alluvionali continentali nei quali sono contenute le acque dolci.

Al di sopra di tali terreni, nella zona di alta pianura in prossimità del margine pedecollinare, si rilevano fino a quote di 150 metri s.l.m. alcune serie di terrazzi di età rissiana e würmiana, notevolmente sollevati e talora profondamente incisi. I terrazzi più alti, attribuibili al fluvioglaciale Riss, sono costituiti da ghiaie sabbiose o limose a paleosuolo argilloso giallo-rossastro potente sino a 2 metri, mentre quelli più bassi, poco rilevati sulla pianura circostante, circa 10 metri, sono costituiti da ghiaie e sabbie, con suolo argilloso bruno e di dilavamento giallo-rossastro dei terrazzi più alti e più antichi (fluvioglaciale Würm).

I depositi continentali recenti, costituenti l'alta pianura, sono rappresentati da alluvioni ghiaiose e sabbiose, argillose e limose a suolo prevalentemente bruno (Fluvioglaciale tardo-würmiano-Olocene).

Il territorio in esame risulta composto da terrazzi ghiaioso-sabbioso-limosi con a tetto paleosuoli giallo-ocracei, talora con copertura loassica. Tale unità corrisponde al "glacis" di accumulo precedentemente descritto. Questi terrazzi segnano il passaggio ad Est, in corrispondenza del tracciato della S.P. n° 51 Rubiera-Sassuolo con l'Unità alluvionale dei corsi d'acqua principali. Quest'ultima è costituita da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi di conoide pedemontana con intercalazioni limose, sedimentati dal F. Secchia in età post-neolitica. In prossimità dell'alveo sono presenti terreni alluvionali terrazzati attuali.

La cartografia geologica di riferimento di più recente pubblicazione è rappresentata dalla "Carta geologica del Progetto CARG" (Fig. 3). In base agli studi di approfondimento condotti dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, si è proceduto all'applicazione dei principi della Stratigrafia sequenziale allo studio descrittivo della successione dei depositi plio-quadernari del sottosuolo della pianura emiliano-romagnola, cercando, quando possibile, di correlare tali sedimenti con i coevi depositi terrazzati affioranti lungo il margine pedecollinari e le valli dei principali corsi d'acqua. Sono state pertanto introdotte unità a limiti inconformi o UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units*) ed unità

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE				ETA (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRAZZE FLUVIALI ALLUVIONI, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITÀ DI VALLA DEL LOGGIO	UNITÀ DI CAVA DI SCALA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITÀ DI BORGO PANIGALE	CRIZZONE (E FORNELLO)	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	0.125	A	A1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
																	A2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																	A3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																	A4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO SABBIE e CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di MOA p.p.	MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBIE e CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di MOA p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di TERRA DEL SOLE p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITÀ ALLUVIONALE INFERIORE	~0.35-0.45	Pleistocene MEDIO	~0.65	PLEISTOCENE MEDIO		B	B1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
																	B2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																	B3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																	B4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO SABBIE e CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di MOA p.p.	MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBIE e CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di MOA p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di TERRA DEL SOLE p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITÀ ALLUVIONALE INFERIORE	~0.8	Pleistocene INFERIORE	~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE	0.89	C	C1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
																	C2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																	C3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																	C4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
P2	FORMAZIONE di CASTELLARQUATO p.p.	MILAZZANO SABBIE e CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di MOA p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di TERRA DEL SOLE p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITÀ ALLUVIONALE INFERIORE	~2.2	Pleistocene MEDIO - SUPERIORE	~3.3-3.6	PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE	1.72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
P2	FORMAZIONE di CASTELLARQUATO p.p.	MILAZZANO SABBIE e CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di MOA p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di TERRA DEL SOLE p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITÀ ALLUVIONALE INFERIORE	~3.9	Pleistocene INFERIORE	~3.3-3.6	PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE	3.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

allostratigrafiche.

Si è cercato di applicare i criteri della stratigrafia sequenziale alla descrizione di tali sedimenti.

Sistema emiliano-romagnolo inferiore, comprendente i sedimenti di ambiente continentale sedimentati all'incirca tra 650 mila e 350/450 mila anni fa;

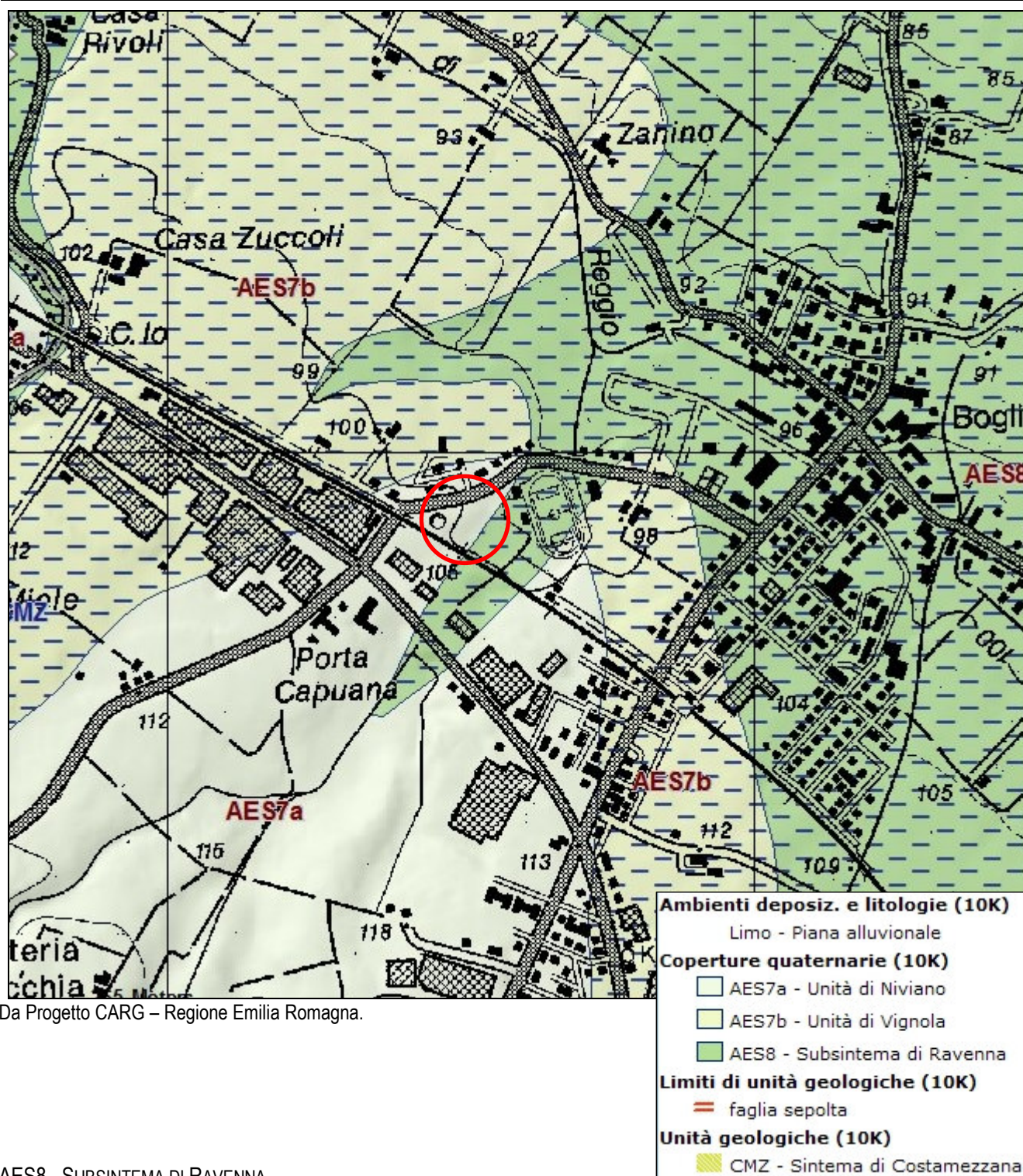
Sistema emiliano-romagnolo superiore comprendente i depositi continentali depositatisi da 350/450 mila anni fa al presente, alla cui sommità (intervallo compreso all'incirca tra i 125mila anni e

l'attuale.

Vengono distinti dall'alto verso il basso (Gasperi & Pizziolo): a) Subsistema di Ravenna (AES8) (la cui parte superiore è denominata unità di Modena (AES8b); b) Subsistema di Villa Verucchio (AES7) suddiviso in unità di Niviano (AES7a) ed Unità di Vignola (AES7b); c) Subsistema di Bazzano (AES6).

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta geologica di Pianura dell'Emilia Romagna e la relativa legenda (mod.) delle litologie cartografate (Fig. 3).

FIGURA 3 – CARTA GEOLOGICA 1:10.000



Da Progetto CARG – Regione Emilia Romagna.

AES8 - SUBSISTEMA DI RAVENNA

La legenda del Carg riporta: ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. 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. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m.

Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).

AES7b - UNITÀ DI VIGNOLA

Ghiaie con matrice limo-sabbiosa in prossimità dei torrenti e fiumi principali, passanti distalmente e lateralmente a limi e limi sabbiosi. Depositi fluviali intravallivo e di conoide passante lateralmente a interconoide e distalmente a piana inondabile. Al tetto suoli decarbonatati con tracce di illuviazione di argilla e fronte di alterazione tra 1,5 e 2 m, orizzonti superficiali di colore da rosso bruno a bruno scuro. Potenza fino a oltre 20 m. *Pleistocene sup.* - *Olocene basale*

AES7A - UNITÀ DI NIVIANO

Nell'area in studio sono presenti terreni eterogenei in prevalenza limo-argillosi-sabbiosi con livelli di ghiaia.

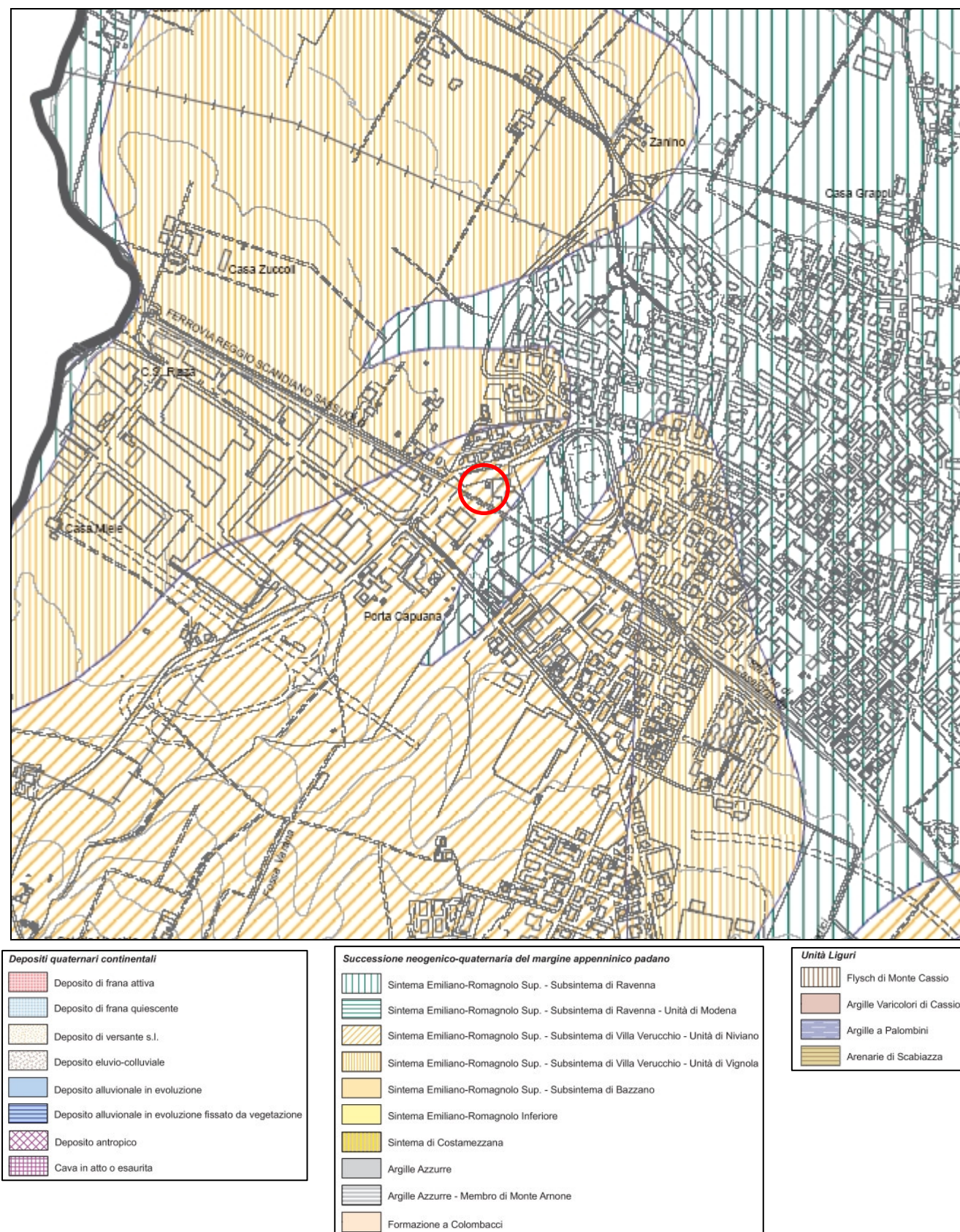
Depositi continentali ghiaioso sabbiosi dei terrazzi intravallivi e di conoide dei fiumi principali, e limo-sabbiosi dei torrenti minori.

Al tetto suoli decarbonatati, a luoghi rubefatti, con fronte di alterazione < 5 metri, orizzonti superficiali con colore variabile a seconda della litologia da rosso bruno a giallo bruno. Contatto inferiore in discontinuità su unità più antiche. Contatto superiore coincidente con la superficie topografica nelle aree intravallive e pedecollinari, sepolto da AES7b e AES8 nell'alta pianura. Potenza affiorante < 10 m o non valutabile. *Pleistocene sup.*

FAA - ARGILLE AZZURRE

Argille, argille marnose, marne argillose e siltose grigie e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, in strati medi e subordinatamente sottili, a giunti poco o non visibili per bioturbazione, con subordinati strati arenacei sottili risedimentati. Localmente sono presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocra se alterate, sottilmente laminate. Nella parte alta possono essere presenti slumps. Limite inferiore paraconcordante o marcato da una lieve discordanza angolare su FCO, discordante su unità più antiche. Potenza di alcune centinaia di metri. *Pliocene inf.* - *Pleistocene sup.*

FIGURA 4 - CARTA GEOLOGICA (Tratta da Quadro Conoscitivo del Psc di Casalgrande 2015 – Tav. B1.1).



L'area in studio si colloca nel settore frontale dei terreni ascrivibili ai "terrazzi pleistocenici pedeappenninici", delimitati a valle (N - NE) da scarpate nette e compresi fra le isoipse di 150 e 100 m s.l.m.. La copertura sedimentaria continentale di questa zona ha un'età compresa tra il Pleistocene ed il Quaternario attuale. I sedimenti alluvionali appoggiano su un substrato marino, costituito dalla Argille Grigio-Azzurre Plio-Pleistoceniche (argille siltose grigio-azzurre con intercalazioni di sabbie fini); per trovare questi sedimenti di origine marina è sufficiente spostarsi in concomitanza con le prime colline antistanti l'area.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area non presenta particolari peculiarità né criticità. Gli elementi geomorfologici naturali di maggior rilievo sono le scarpate che incidono i depositi alluvionali passati e i conigli alluvionali terrazzati; mentre attualmente l'agente geomorfologico che modifica maggiormente la forma del territorio è senz'altro quello antropico.

2.5 ELEMENTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico ci troviamo in una zona di transizione fra il dominio del F. Secchia con la parte più occidentale della sua conoide pedemontana e quello dei corsi d'acqua minori costituito dalle piccole conoidi del Rio Riazzone e di altri corsi e dalla conoide del T. Tresinaro, a ovest dell'area esaminata.

Si tratta di un acquifero costituito da una successione di sedimenti fluviolacustri sia marini sia continentali di età pleistocenica-quaternaria che poggiano su un substrato impermeabile pliocenico. Le formazioni più recenti (Olocene) costituenti l'acquifero sono formate da alternanze di strati ghiaioso-sabbiosi intercalati a complessi argillosi e limosi con livelli torbosi, di sedimentazione continentale fluviale, e di spessori compreso fra 100 e 300 metri. L'area indagata si trova impostata, come detto, nella zona di passaggio tra il settore occidentale della conoide apicale del F. Secchia al suo sbocco in pianura, e i terreni di pertinenza delle conoidi dei corsi d'acqua minori. La conoide del F. Secchia è caratterizzata da depositi alluvionali medio recenti con litotipi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi deposti dal corso d'acqua, che costituiscono un unico corpo acquifero, di tipo monostrato, formato da spessi letti ghiaioso-sabbiosi pressoché continui, separati da sottili intercalazioni limo-argillose e limo-sabbiose, che aumentano progressivamente verso nord, mentre i depositi grossolani diminuiscono di spessore assumendo andamento lenticolare.

Lateralmente tali depositi ghiaiosi tendono a rastremarsi lasciando il posto ai sedimenti più fini delle conoidi minori, che caratterizzano tutto il settore dell'area studiata, contraddistinta da una marcata variabilità laterale e talora anche longitudinale con strutture deposizionali lentiformi.

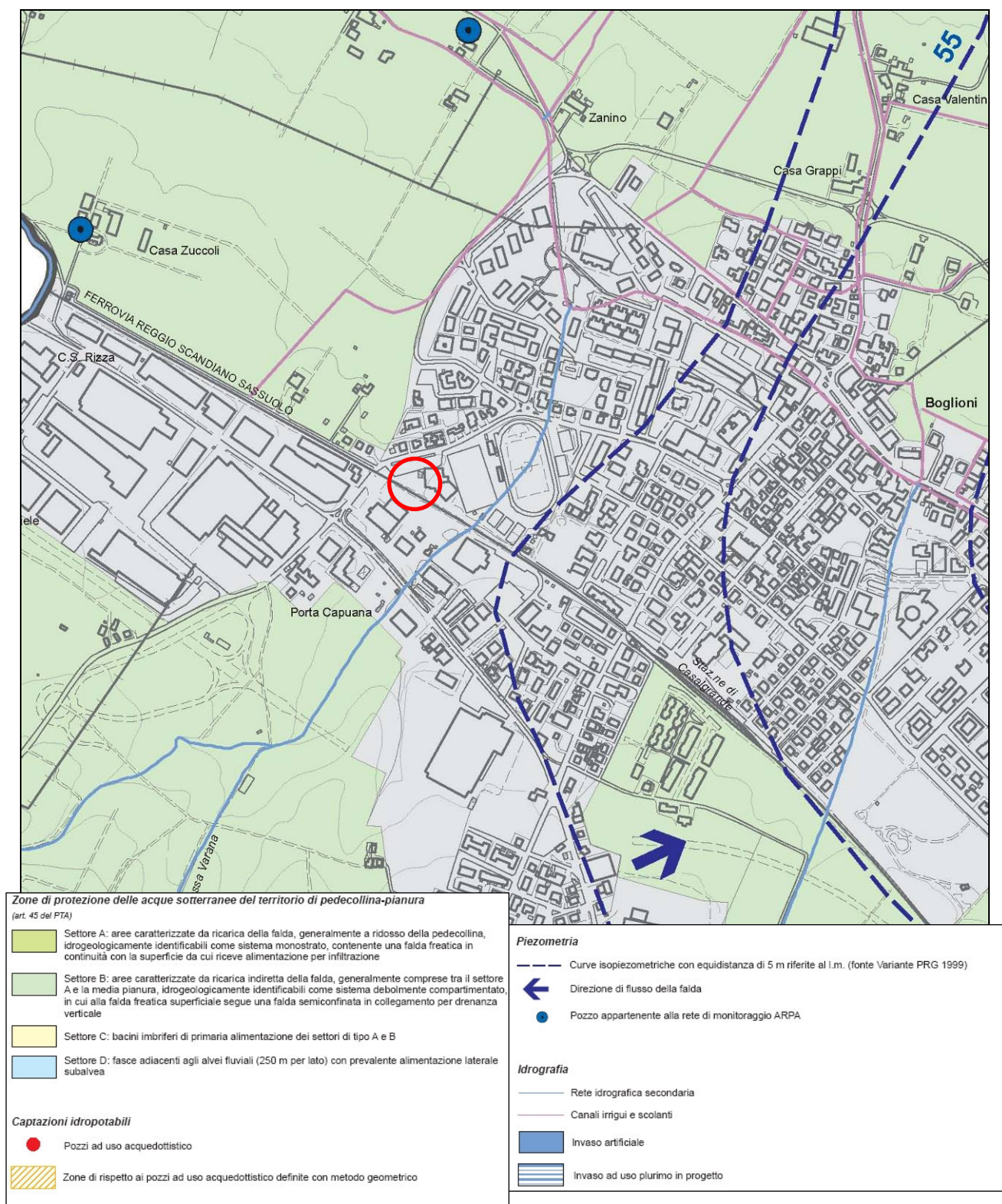
Le conoidi dei corsi d'acqua minori hanno uno sviluppo assai più contenuto, mentre le ghiaie, per lo più con abbondanti matrici limose, hanno spessori e sviluppi areali assai più ridotti, condizionando vistosamente la trasmissività dell'acquifero interposto tra le due conoidi principali. Il rilievo appenninico, per lo più costituito dalle argille del ciclo plio-pleistocenico, a contatto con le alluvioni tardo-pleistoceniche e oloceniche, è caratterizzato da flussi sotterranei per lo più nulli e può contribuire all'alimentazione dell'acquifero solo con il ruscellamento superficiale. Gli apici delle conoidi, presso il raccordo con i solchi vallivi, con il flusso subalveo dei relativi corsi d'acqua costituiscono una sezione di flusso imposto di rilevante importanza per il bilancio della falda.

I limiti areali, di tipo geologico, delle singole conoidi sono invece caratterizzati per lo più da flussi non univoci, ma variabili nello spazio e nel tempo, con scambi con le unità idrogeologiche di confine, delle conoidi limitrofe e degli acquiferi della piana alluvionale.

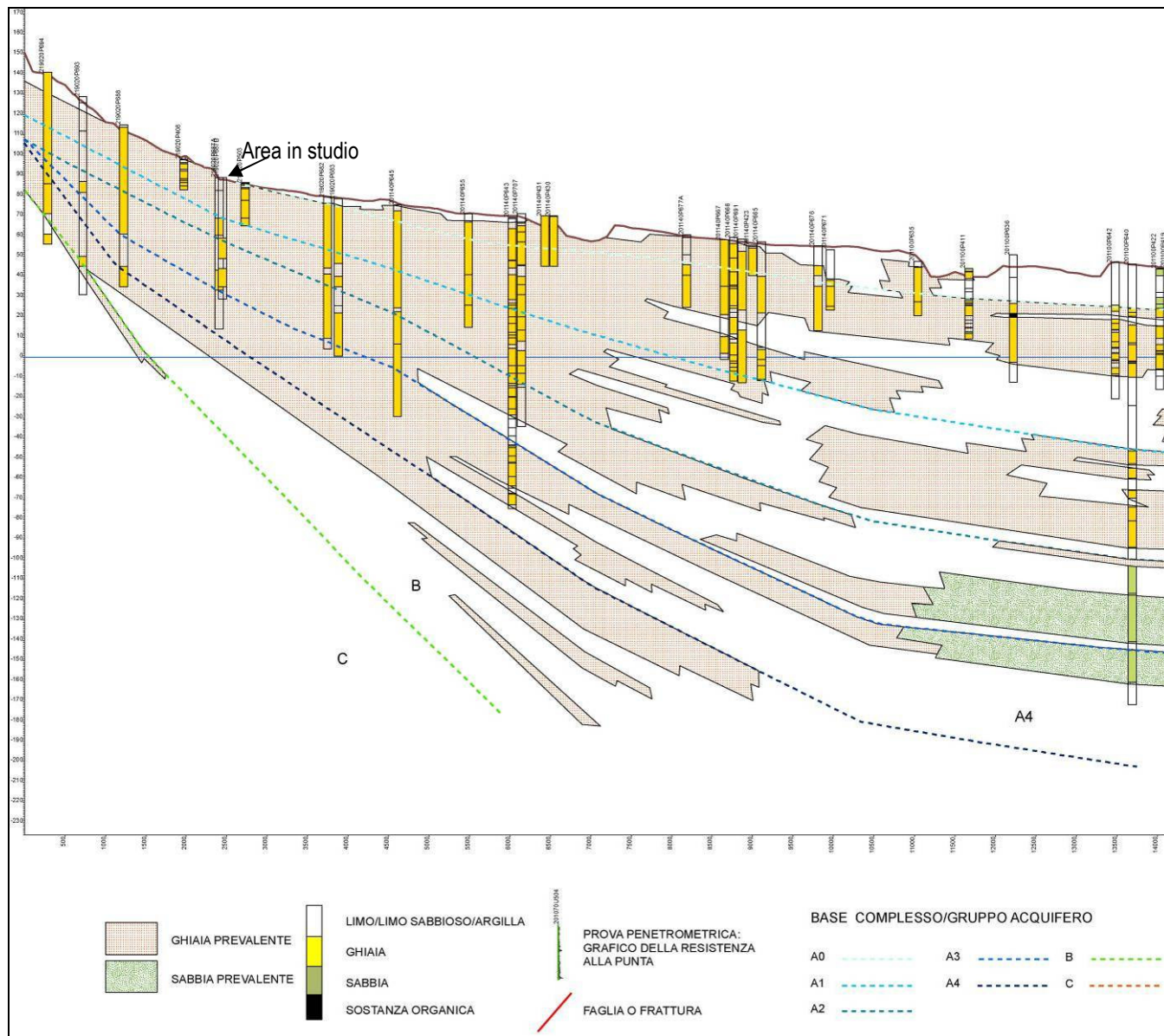
Il limite inferiore dell'acquifero (substrato) è abbastanza bene individuato da un punto di vista idrogeologico, ma non dal punto di vista idrodinamico e idrochimico. Al di sotto di un primo strato, che potremo definire principale, esistono livelli acquiferi separati da strati semimpermeabili, arealmente piuttosto continui, che possono determinare fenomeni di drenanza prevalenti su quelli di infiltrazione diretta negli acquiferi profondi.

Anche nella parte più alta del substrato geologico, costituito da successioni prevalentemente argillose a facies marina del Pleistocene inferiore e medio, sono presenti sottili livelli ghiaiosi che costituiscono acquiferi con falde in pressione, con comportamento idrodinamico e idrochimico tipico di acquiferi chiusi, caratterizzati da scambi per drenanza.

FIGURA 5 – CARTA IDROGEOLOGICA (Tratta da Quadro Conoscitivo del Psc di Casalgrande 2015 – Tav. B1.3).



L'area in studio si trova nel territorio urbanizzato nel Settore B di ricarica indiretta della falda. Si tratta di un sistema debolmente compartimentato in cui la falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale. La soggiacenza della falda è molto profonda (~ 40/50 m dal p.c.).



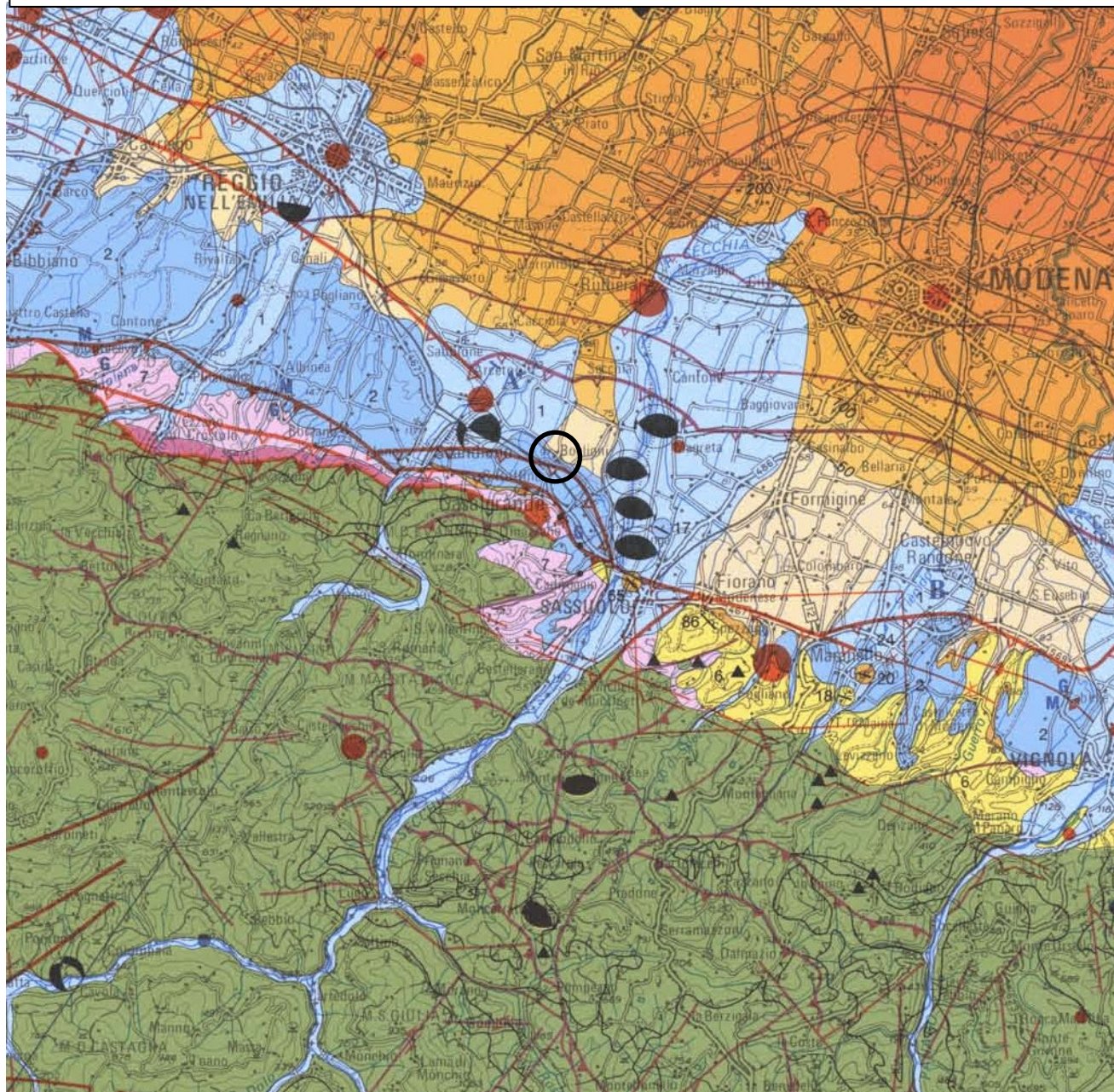
Tratta da Banca Dati RER.

RELAZIONE SISMICA

3.1 SISMICITÀ DEL COMUNE DI CASALGRANDE

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna e una sezione relativa all'andamento dei terreni di substrato.

FIGURA 6 – CARTA SISMOTETTONICA DELL'EMILIA ROMAGNA





Zonazione sismogenetica

È stata utilizzata la zonazione sismogenetica dell'INGV, chiamata ufficialmente ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti, in questo caso le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

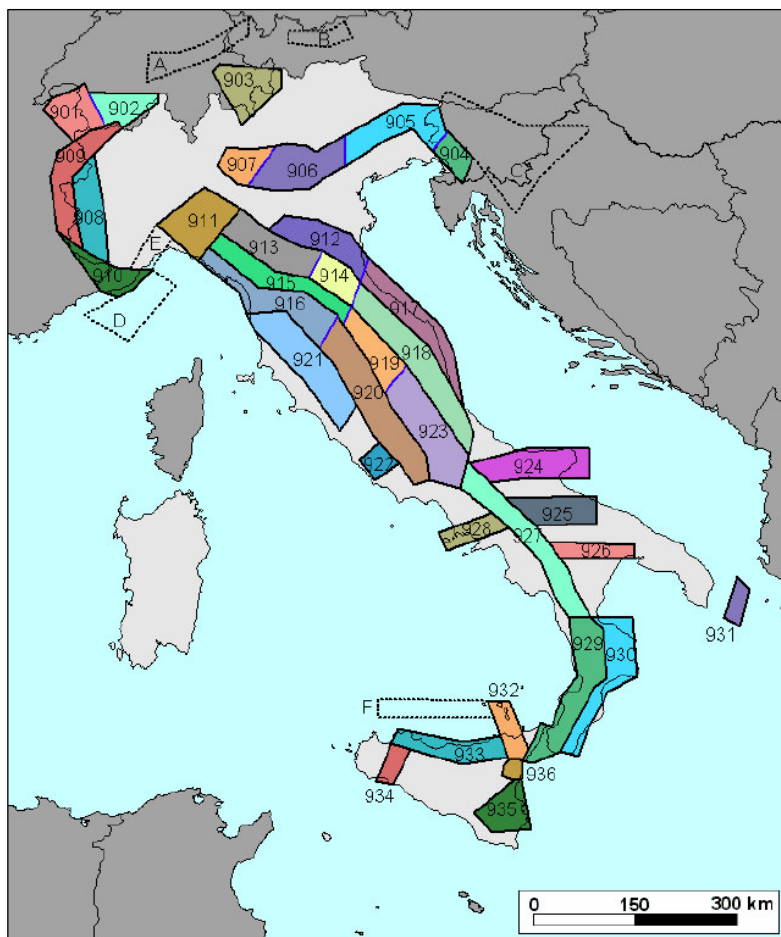


Fig. 7 – Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

La zonizzazione ZS9 risulta basata prevalentemente sulle informazioni di ZS4; recepisce le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive; considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali localizzati al di fuori delle zone sorgente in essa definite; supera il problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il catalogo CPTI2, e fornisce inoltre una stima della “profondità efficace”, cioè dell'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce per ogni zona un meccanismo di fagliazione prevalente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003).

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, i limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità. Come ad es. distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.

Le 42 zone-sorgente ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

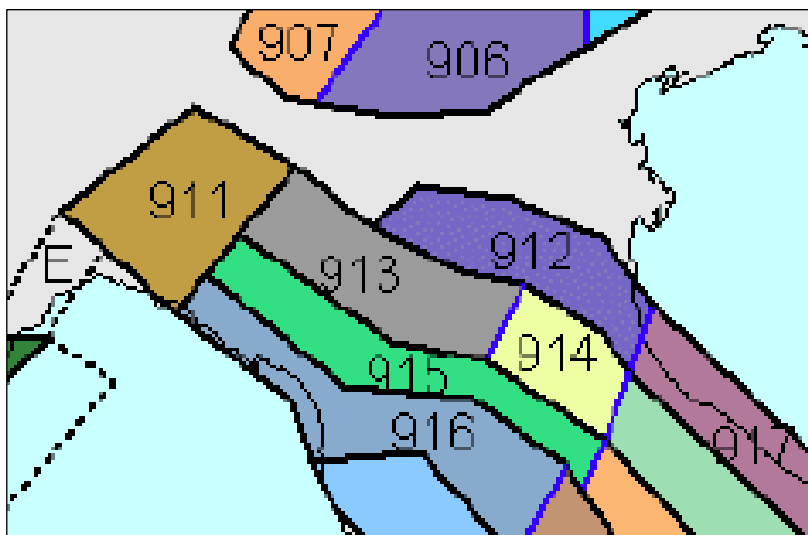


Fig. 8 – Zoom sulla zonazione sismogenetica ZS9 dell'Emilia Romagna ZS9.

Sismicità delle zone sorgenti

Nel territorio del Comune di Casalgrande non sono riconosciute strutture sismogenetiche; tuttavia in passato sono stati risentiti gli effetti di numerosi terremoti dovuti ad una sismicità naturale localizzata nelle zone 913 e 912.

Le zone 913 e 912 sono quelle con un potenziale sismico tale da generare effetti non trascurabili nel territorio del Comune di Casalgrande, mentre le altre vengono considerate poco influenti per generando terremoti con magnitudo a volte anche elevata

(ad es. la zona 915).

La ZS913 presenta un'attività presumibilmente legata al fronte del thrust pedeappenninico, mentre la ZS912 è rappresentata dalla parte settentrionale della pianura, ovvero la zona al di sopra della dorsale attiva delle Pieghe Ferraresi. La zona ZS915 si colloca nell'alto Appennino, dove il risentimento è dovuto sia alla sismicità locale, sia alla sismicità della vicina Garfagnana.

Il territorio del Comune di Casalgrande ricade una zona sismogenetica (zona 913) caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa. La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona, avvengono a profondità comprese tra 12 e 20 km. Solo recentemente, negli ultimi trent'anni, si ricordano:

Data	Ubicazione epicentro	Magnitudo (MI)
02-05-1987	Correggio	4.7
15-10-1996	Correggio-Novellara	5.2
18-16/2000	Bagnolo in Piano	4.2
20/29-05/2012	Bassa Modenese	5.8-5.9

La zona ZS913 è causa di una sensibile attività come documentato dagli eventi del bolognese, del reggiano e del parmense (anno 2000). Questi eventi sono riconducibili a sorgenti superficiali attivate da meccanismi focali per compressione (faglie inverse e trascorrenti compressive) se si escludono eventi la cui origine è ancora incerta. Se confermato, la fascia pedeappenninica sarebbe quella potenzialmente più pericolosa per il territorio di Casalgrande.

La fascia del fronte appenninico sepolto determina una sismicità rappresentata da terremoti, come detto, a intensità medio-bassa, ma con una discreta frequenza di accadimento.

Per quanto riguarda la sismicità storica si può osservare che meccanismi focali di terremoti a dinamica compressiva, con direzione di raccorciamento principale orientata all'incirca N-S o NNE-SSO e di magnitudo (secondo la scala di Richter) fino a 5-5,5, sono stati registrati con epicentro posto nella fascia pedeappenninica reggiana.

I dati geologici e sismologici mettono quindi in evidenza come la zona pedecollinare sia forse da ritenere sismicamente attiva o comunque interessa da elementi geologico-strutturali neotettonici.

L'inclusione del Comune di Casalgrande, assieme ai vicini Comuni modenesi di Sassuolo, Fiorano, Formigine e Castelvetro, nell'elenco dei comuni sismici in zona 2, da parte della citata Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274, ribadisce tale condizione di sismicità relativamente più accentuata rispetto alla maggioranza dei Comuni reggiani che sono inclusi tra i comuni classificati in zona 3 a minore sismicità rispetto la zona 2.

2.1.2 Frequenza di accadimento in Emilia Romagna

La frequenza con cui si sono verificati in passato i terremoti capaci di produrre danni significativi agli edifici consente di valutare con quale frequenza si manifesteranno in futuro, dal momento che questa presumibilmente non cambia.

Nella tabella sono riportati, per varie soglie di magnitudo, il numero di eventi per intervalli di tempo crescenti di 100 anni, partendo dall'ultimo secolo, registrati in Emilia Romagna.

CLASSI DI MAGNITUDO	INTERVALLO DI 100 ANNI		INTERVALLO DI 200 ANNI		INTERVALLO DI 300 ANNI		INTERVALLO DI 400 ANNI	
	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione
4.5 < Ma < 5.0	28	3,6	56	3,6	67	4,5	75	5,3
5.0 < Ma < 5.5	10	10,0	16	12,5	22	13,6	27	14,8
5.5 < Ma < 6.0	3	33,3	4	50,0	6	50,0	8	50,0
Ma > 6.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tutte*	76	1,3	129	1,5	147	2,0	173	2,3

* tutti gli eventi che hanno prodotto danni (intensità epicentrale massima osservata maggiore di V-VI grado MCS)

Come si può osservare le frequenze che si ottengono nei primi due intervalli, più attendibili perché andando indietro nel tempo il catalogo dei terremoti diventa più incompleto, è di un evento ogni 1.3-1.5 anni. Valori di magnitudo maggiori di 5.0, che corrispondono ad intensità epicentrali di VII-VIII grado MCS indicano un evento ogni 10-12 anni, mentre terremoti con Ma>5.5

(VIII-IX grado MCS) si ripetono con una frequenza di un evento ogni 50 anni, che si mantiene costante indicando una buona completezza del catalogo.

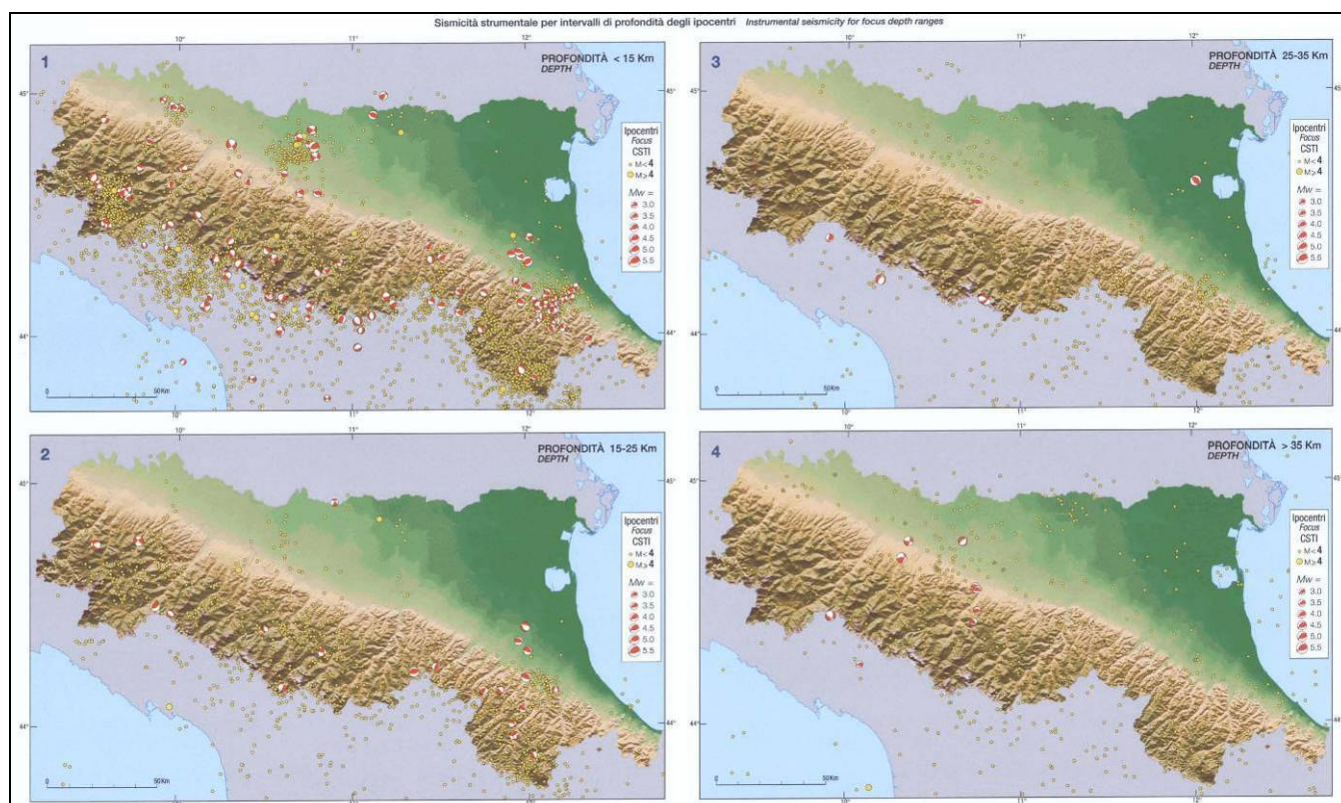


Figura 9 – Sismicità strumentale per intervalli di profondità degli ipocentri.

2.1.3 Ricostruzione della storia sismica

Il 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), evidenzia quanto riportato nella figura seguente:

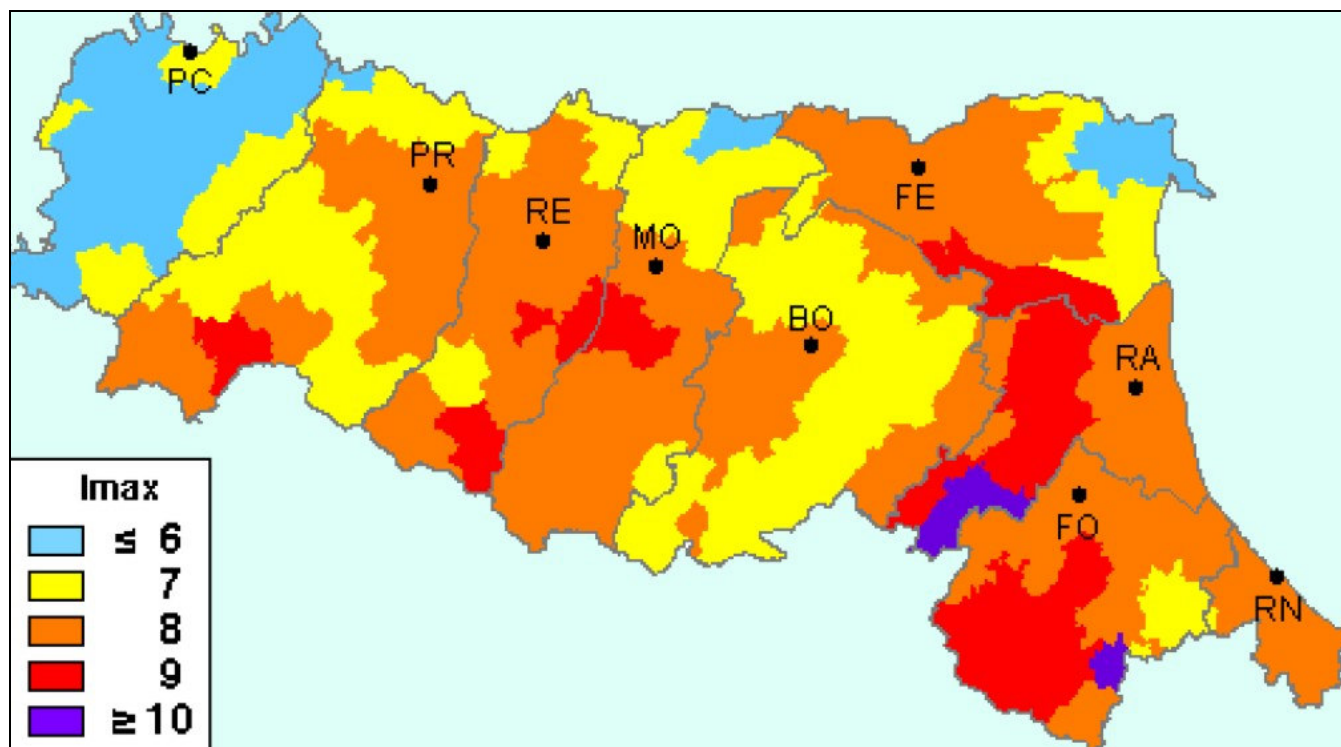


Figura 10 – Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani – GNDT ING/SGA

L'intensità massima registrata nel Comune di Casalgrande è dell'VII MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg), corrispondente ad una magnitudo dell'ordine di 5-5.5 (scala Richter).

L'attività tellurica dell'area è nota e documentata dall'anno 1000, anche se la qualità e la quantità delle informazioni non sono omogenee e si manifesta sia con eventi singoli di media intensità, sia con sequenze sismiche estese nel tempo.

Le revisioni e ricollocazioni degli eventi storici e recenti, ma soprattutto l'attivazione di una rete sismica regionale integrata con quella nazionale, hanno permesso di distinguere, nell'ambito della regione, zone con differente regime sismico, vale a dire frequenza dei fenomeni, intensità e profondità focale.

Il confronto dei dati della sismicità strumentale con quelli storici evidenzia la stabilità nel tempo delle aree sismogenetiche.

Dal Catalogo parametrico CPTI11 dell'INGV si evince che storicamente i terremoti più forti entro una distanza di 30-40 km risultano:

periodo dal 1000 al 1899:

- Anno 1501 – Appennino modenese – Mw 5.98
- Anno 1811 – Sassuolo – Mw 5.25

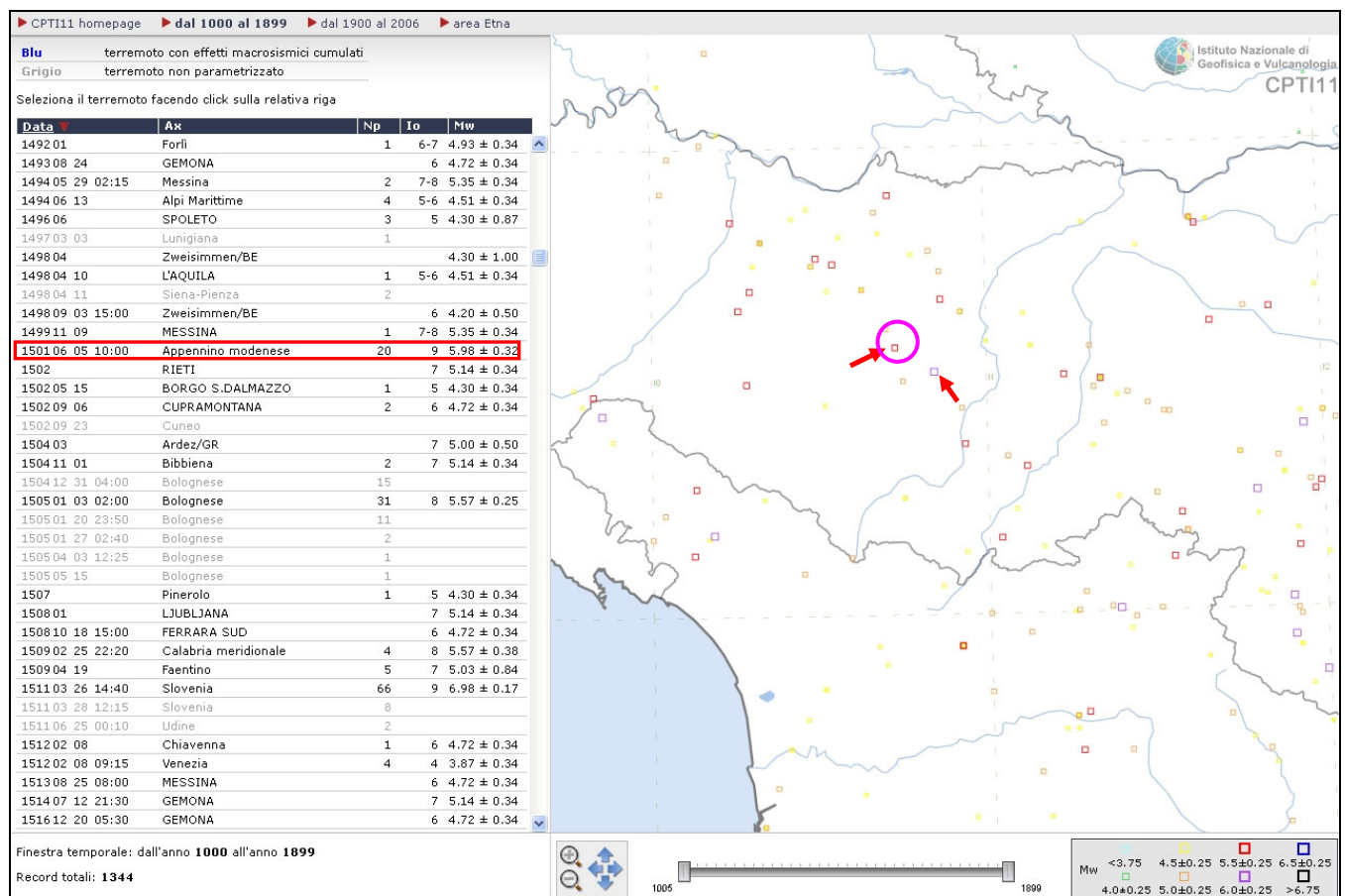


Figura 11 – Tratto da INGV CPTI11 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1000 al 1899.

○ Area in studio

Nel periodo dal 1900 al 2006, si segnalano:

- Anno 1904 – Reggiano – Mw 5.05
- Anno 1920 – Garfagnana – Mw 6.48
- Anno 1996 – Correggio – Mw 5.41

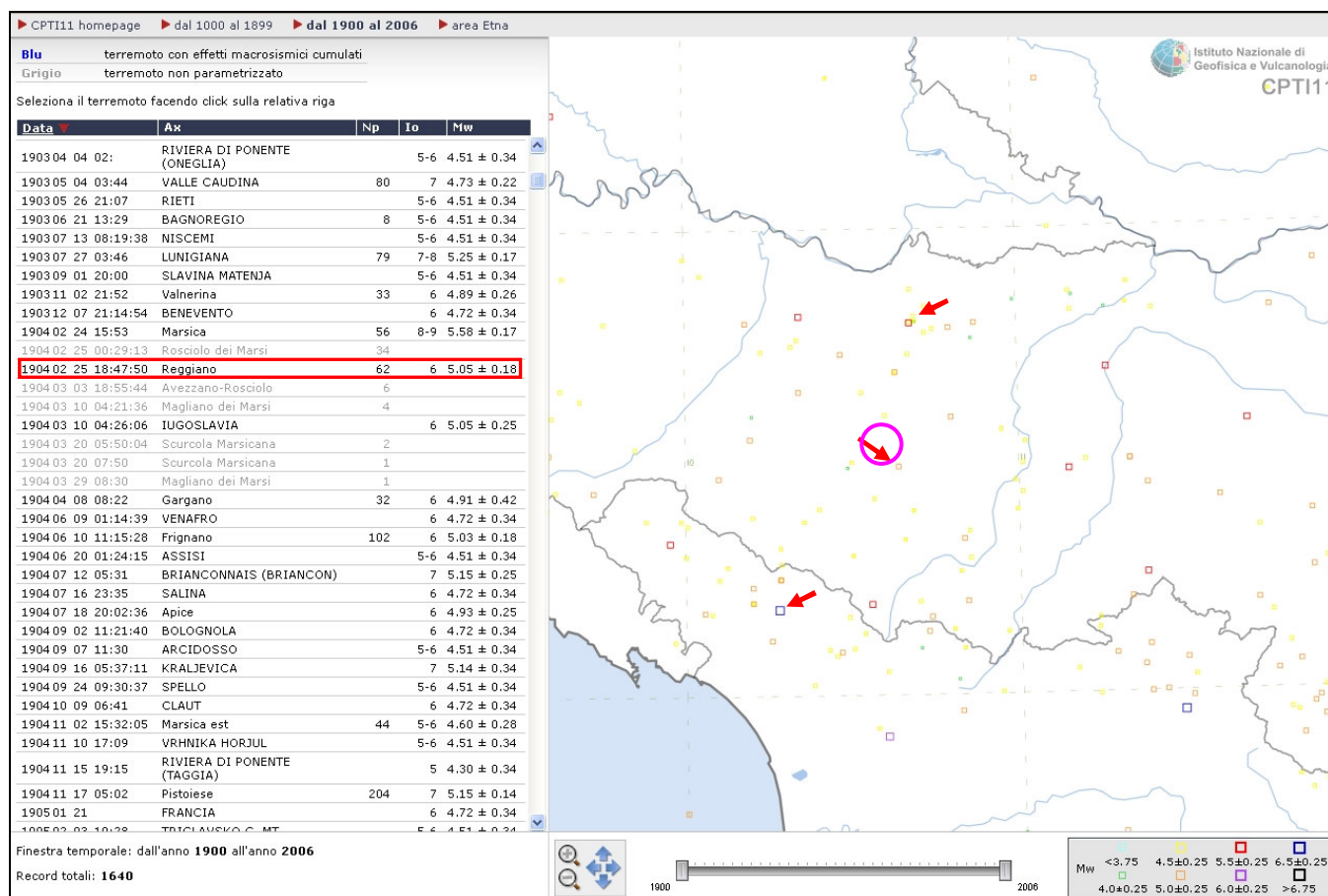


Figura 12 – Tratto da INGV CPTI11 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1900-2006

Area in studio

Nella pagina successiva sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale.

Nella tabella sono indicate:

Is: intensità al sito

Anno Me Gi: anno mese giorno dell'evento

AE: località

Io: l'intensità massima epicentrale in scala MCS

Mw: magnitudo momento

Allo scopo di consentire un maggior dettaglio sull'area oggetto di studio, si è provveduto ad estrarre dal Catalogo Parametrico Italiano dei Terremoti (CPTI11) la storia sismica di Casalgrande.

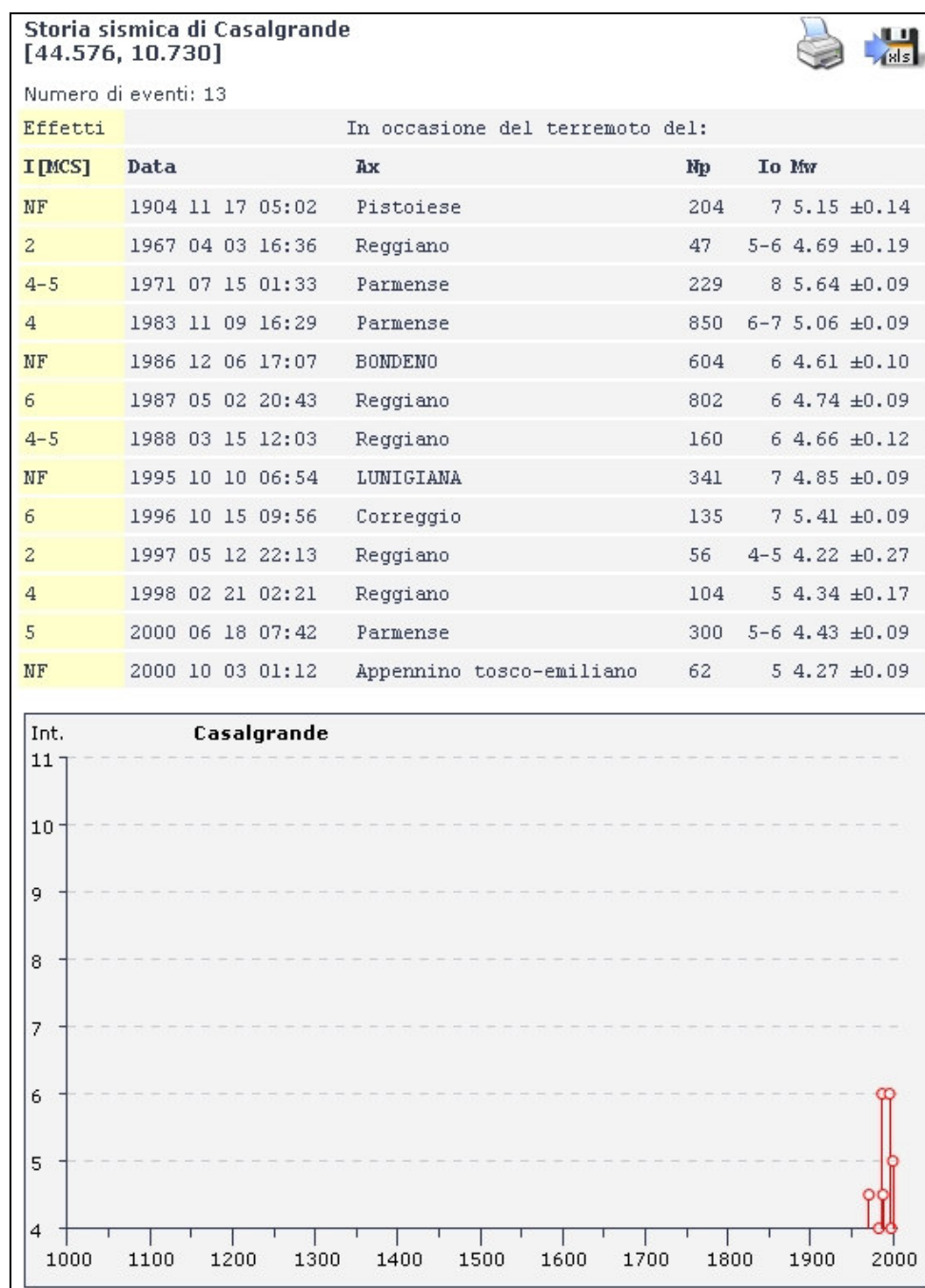


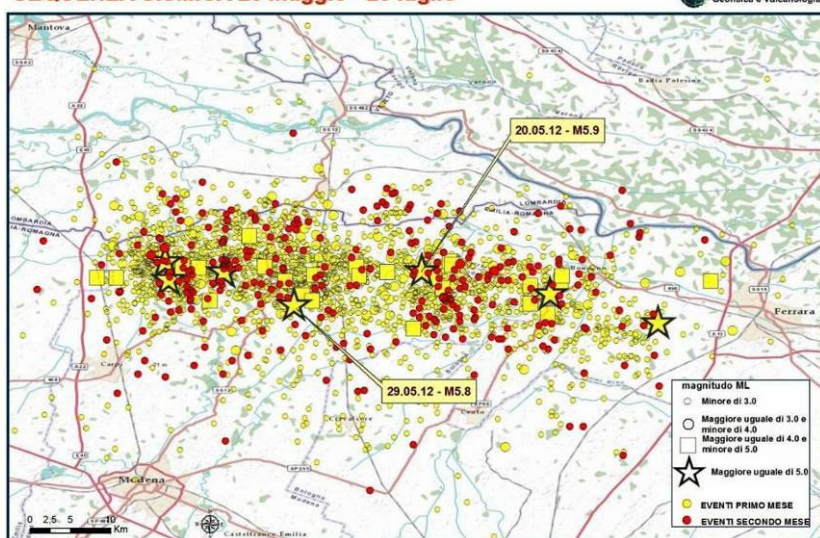
Figura 13 - Diagramma della storia sismica di Casalgrande, Da INGV - Database Macrosismico Italiano 2011 - <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>

2.1.4 Terremoto del 20-29 maggio 2012 (da fonte INGV)

Si tratta di una sequenza sismica che ha interessato la regione padana nella bassa modenese ai confini con le provincie di Reggio Emilia, Mantova e Ferrara. Le due scosse più forti si sono avute:

- il giorno 20 maggio 2012 alle ore 04:03 italiane, con magnitudo (MI) 5.9, localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico "Pianura_padana_emiliana". Le coordinate dell'ipocentro risultano: 44.89°N, 11.23°E in Comune di Mirandola con profondità ipocentro di 6.3 km.
- il giorno 29 maggio 2012 alle ore 09:00 italiane, con magnitudo 5.8 localizzato nel settore occidentale della fascia che si era attivata con l'evento del 20 maggio. Coordinate epicentro 44.851°N, 11.086°E - Profondità 10.2 km

SEQUENZA SISMICA 20 maggio - 20 luglio



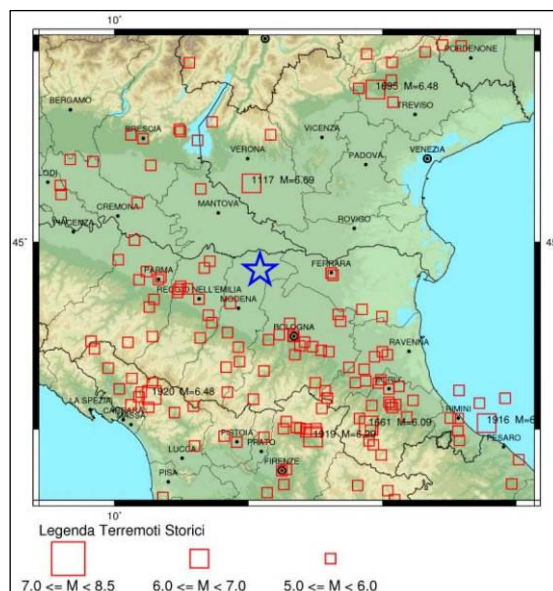
Si tratta di un meccanismo compressivo con direzione di massima compressione N-S e piani di faglia orientati E-O. Il terremoto è avvenuto in una zona a medio-bassa pericolosità sismica, al confine settentrionale della zona in compressione della catena Appenninica, sede in passato di terremoti storici di magnitudo inferiore o pari a 6.

La sismicità si distribuisce lungo un'area allungata per circa 40 km in direzione est-ovest. I terremoti più forti della sequenza sono

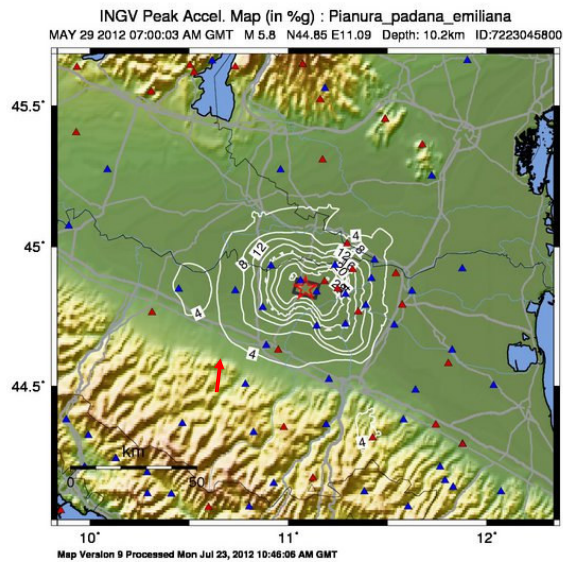
dovuti a un fenomeno di compressione attiva in direzione nord-sud, legato alla spinta dell'Appennino settentrionale verso nord, al di sopra della placca adriatica. L'estensione della zona attiva, confrontata con la magnitudo degli eventi principali, suggerisce che ad essersi attivato sia un sistema di faglie complesso, e non una singola faglia.

La sequenza sismica ha interessato la regione padana, già sede di terremoti rilevanti nei mesi passati. In particolare, a gennaio 2012 la zona appenninica di Reggio Emilia e Parma fu colpita da terremoti di magnitudo 4.9 e 5.4, a distanza di pochissimi giorni. I due terremoti di gennaio, sebbene avvenuti a profondità molto diverse (30 e 60 km) rispetto ai 6-8 km di quelli in oggetto, sono anch'essi legati ai movimenti della stessa "microplacca adriatica", che negli ultimi mesi ha avuto un'attività piuttosto intensa.

Le informazioni storiche per l'area sismogenica attivata oggi, evidenziano un'attività non molto frequente, con alcuni terremoti significativi nelle aree adiacenti. In particolare, un evento sismico che appare simile a quello odierno colpì Ferrara nel 1570, causando danni fino all'ottavo grado Mercalli (MCS). Un altro evento storico di interesse, studiato di recente, è quello avvenuto nel 1639 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, ove produsse effetti del VII-VIII grado MCS.



Le informazioni storiche per l'area sismogenica attivatasi oggi, evidenziano un'attività non molto frequente, con alcuni terremoti significativi nelle aree adiacenti. In particolare, un evento sismico che appare simile a quello odierno colpì Ferrara nel 1570, causando danni fino all'ottavo grado Mercalli (MCS). Un altro evento storico di interesse, studiato di recente, è quello avvenuto nel 1639 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, ove produsse effetti del VII-VIII grado MCS.

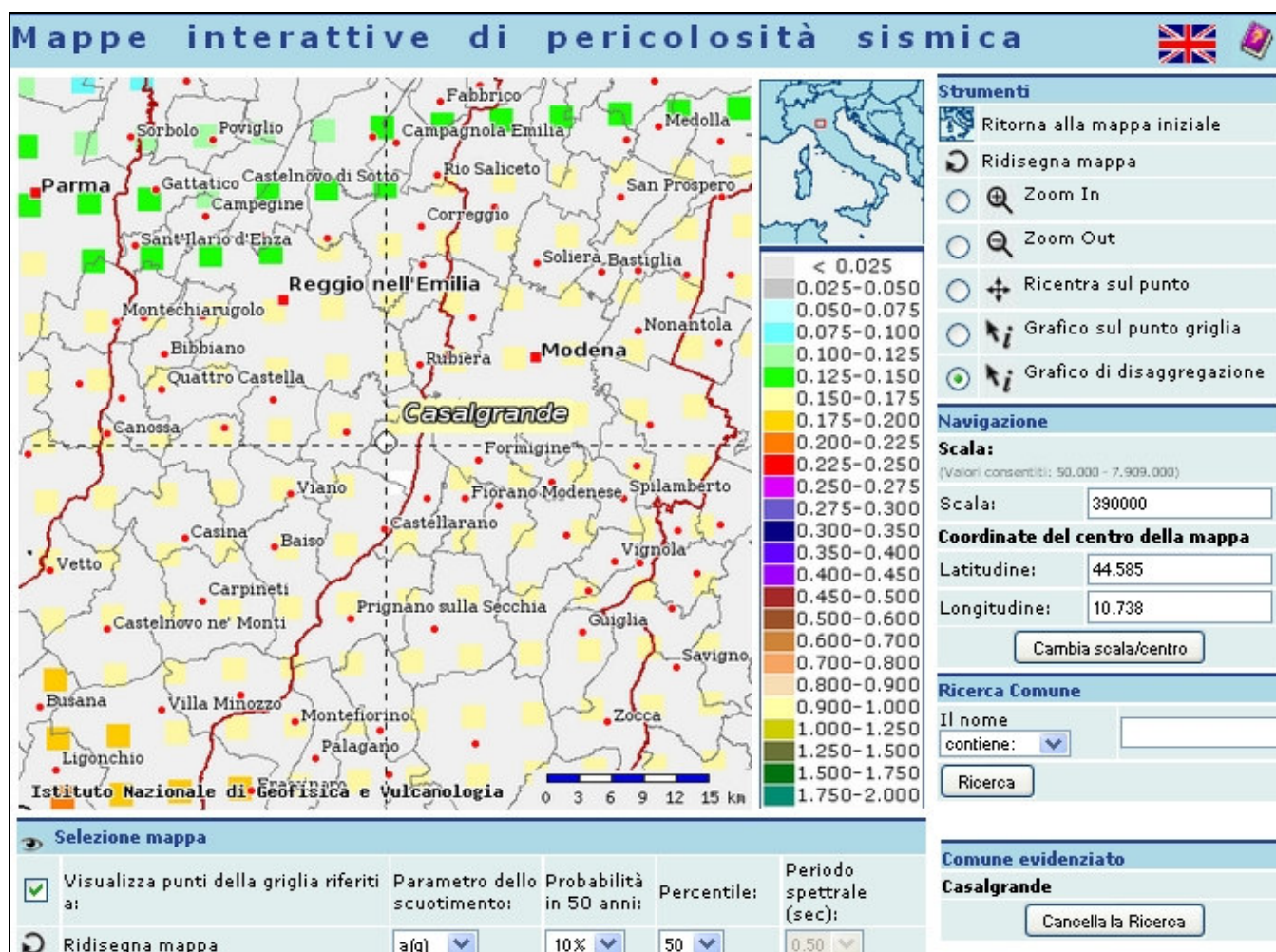


2.1.5 Stima della pericolosità e analisi di disaggregazione

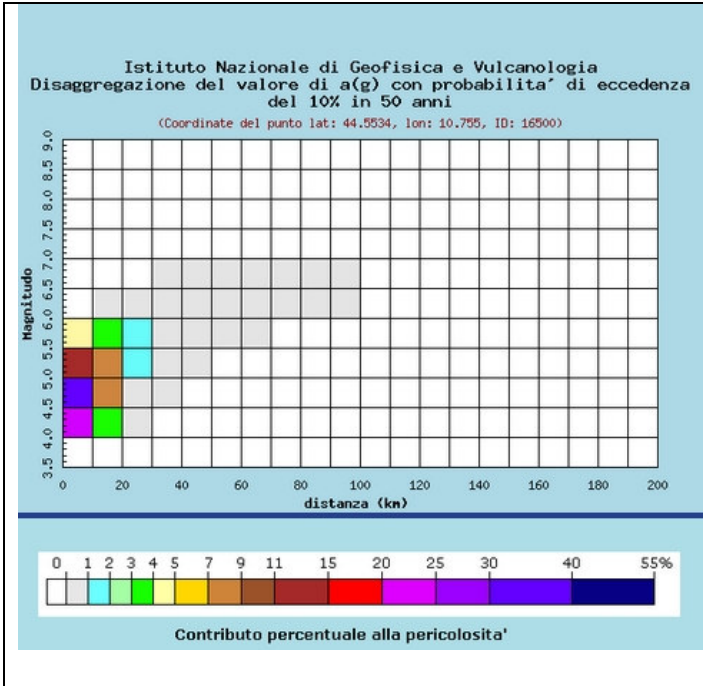
Una stima della pericolosità del sito in studio può essere fatta attraverso le Mappe interattive della pericolosità sismica dell'INGV. Una volta selezionata la località si disegna la mappa. È stata selezionata la carta di pericolosità relativa alla specifica probabilità di eccedenza. Visto che la carta Ingv è costruita per tempi di esposizione Δt di 50 anni, è necessario trovare la corrispondente probabilità di eccedenza per un periodo di esposizione diverso che nel nostro caso è pari a 75 anni ($C_u=1.5$).

$$P = 1 - e^{-\left[\frac{1}{T_e}\right]Dt} = 1 - e^{-\left[\frac{1}{712}\right]50} \approx 7\%$$

Dove T_e è il tempo medio di ritorno associato all'evento caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 10% in 75 anni. La carta però è costruita per probabilità del 10-5-2% in 50 anni; si può quindi scegliere per approssimazione il valore del 5% e ridisegnare la carta di disaggregazione per questa probabilità:



Selezionando il punto sulla griglia più vicino al sito in esame si ottiene il grafico di disaggregazione riportato nella pagina seguente e il suo valore mediano.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.5534, lon: 10.755, ID: 16500)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	20.100	32.100	14.500	4.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.410	8.870	7.180	3.650	0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.057	0.902	1.780	1.520	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.012	0.275	0.491	0.094	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.012	0.123	0.106	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.042	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza		Epsilon								
4.870	8.330		0.900								

Risulta come rappresentativa una coppia magnitudo-distanza 4.87-8.3 km con un valore di ϵ pari a 0.90.

Epsilon indica di quanto l'accelerazione attesa al sito per coppia magnitudo/distanza individuata dall'analisi di disaggregazione si discosta dal valore di PGA stimato al sito nella carta di pericolosit  relativo al sito.

Dato che questo scostamento   espresso in frazioni della deviazione standard della legge di attenuazione, valori di epsilon minori di 1 indicano che la coppia corrisponde a valori di PGA attesi compatibili con la PGA dedotta dalle carte di pericolosit .

Valori maggiori di 1 indicano che questo scostamento   significativo e che quindi la coppia scelta produce valori di PGA molto lontani da quelli attesi.

3.1 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

Ordinanza P.C.M. 3274/2003

A seguito della nuova classificazione sismica (Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/3/2003 e s.m), il territorio nazionale è diviso in quattro zone sismiche caratterizzate da differenti valori dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo di categoria A.

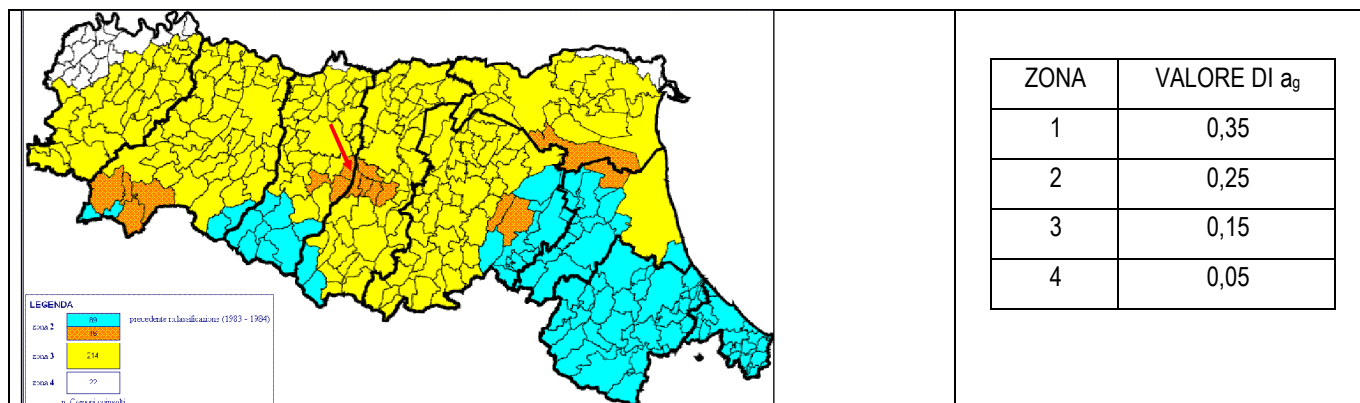
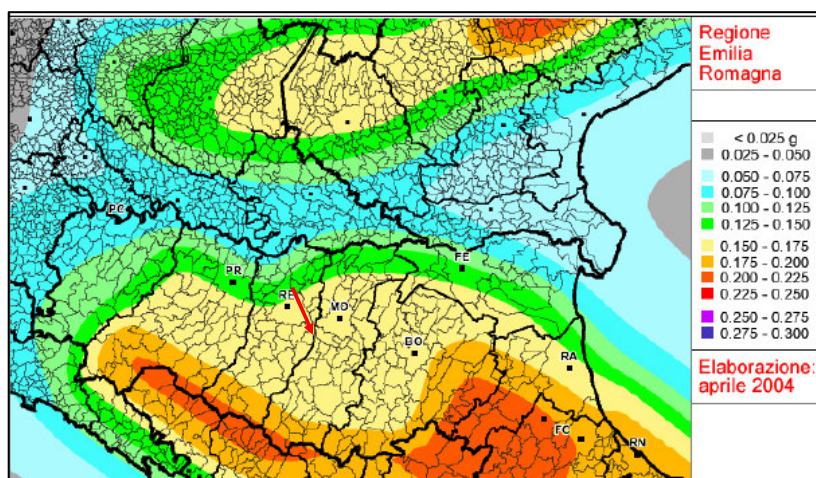


Fig. 14 - Classificazione sismica attuale di riferimento - Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1.

Il Comune di Casalgrande ricade in "zona sismica 2" a cui corrisponde un'acc. orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g , pari a $a_g = 0,25g$.

Ordinanza P.C.M. 3519/2006

Successivamente, l'Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.*



A tale ordinanza è allegata la *Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale* nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Casalgrande è compreso nell'area caratterizzata da **valori dell'accelerazione massima al suolo (a_{max})**, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, All. 2, 3.1), **compresi tra 0,150 e 0,175**

l'accelerazione di gravità g .

Fig. 15 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della RER).

Del. Rer. 112/2007

Recentemente poi, la RER ha approvato la Del. n. 112 del 02-05-2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica."; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), per ogni comune della Regione.

RE	Campegine	0.130	Per il Comune di Casalgrande risulta $a_{refg}=0,162$
RE	Canossa	0.158	
RE	Carpineti	0.159	
RE	Casalgrande	0.162	
RE	Casina	0.158	
RE	Castellarano	0.161	
RE	Castelnuovo di Sotto	0.117	

D.M. 14-01-2008

Il D.M. 14/01/2008 stabilisce che l'accelerazione orizzontale massima del sito di riferimento non è più riferita ad una classificazione comunale ma viene calcolata considerando le proprietà del sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (NTC , TAB.1 allegato "B" del D.M.).

Il suolo viene ancora suddiviso in 5 classi principali (A,B,C,D,E) più due categorie aggiuntive S1 e S2.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{Si}}} \text{ m/s}$$

h_i = spessore dello strato i-esimo

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

N = numero strati considerati

Nei casi in cui la misura diretta della V_{s30} non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica N_{spt30} nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente C_{u30} nei terreni prevalentemente a grana fina.

3.2 INDAGINI GEOFISICHE

Per la caratterizzazione sismica del suolo di fondazione sono state consultate:

- n° 2 Masw

- n° 1 Hvsr

3.2.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE TIPO MASW

Al fine della definizione della categoria di suolo e della caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame sono state consultate due indagini MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio).

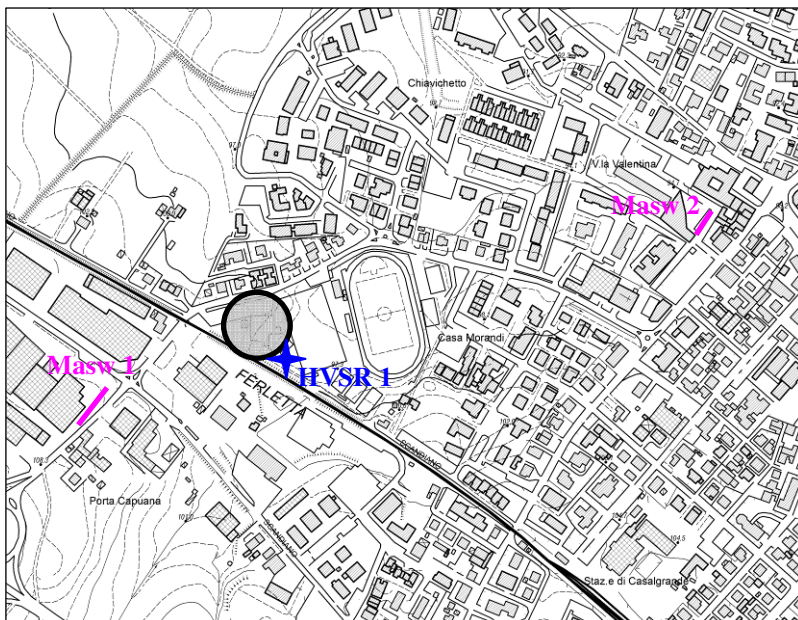
Queste fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS). La classificazione dei terreni è stata quindi svolta sulla base del valore della V_{s30} :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{Si}}} \text{ m/s}$$

h_i = spessore dello strato i-esimo

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

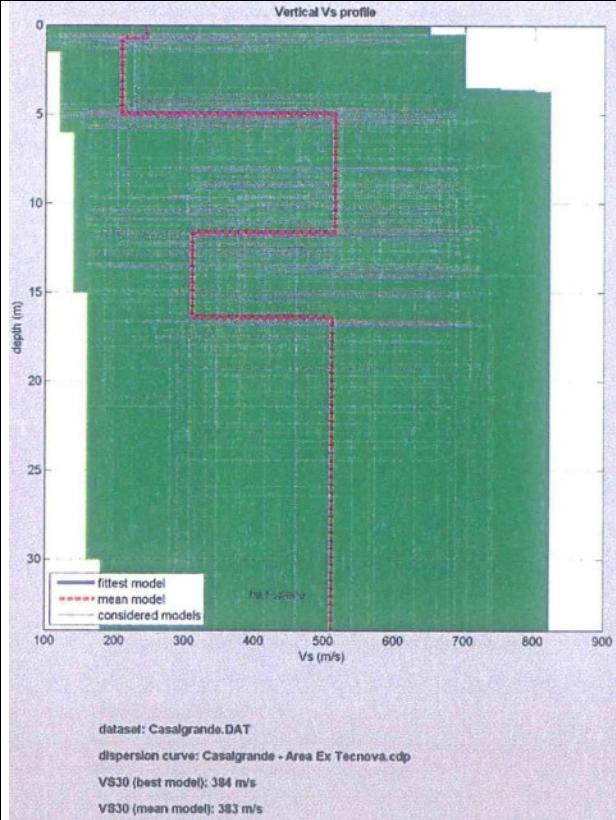
N = numero strati considerati



Le indagini Masw e Hvsr sono ubicate in Figura qui a fianco.

Di seguito si riporta, per le Masw, i profili verticali delle Vs (Masw1 tratta da Studio di Micr. Sismica Casalgrande; Masw2 eseguita dallo scrivente nel 2015 per Variante PRG Borgo Manzini).

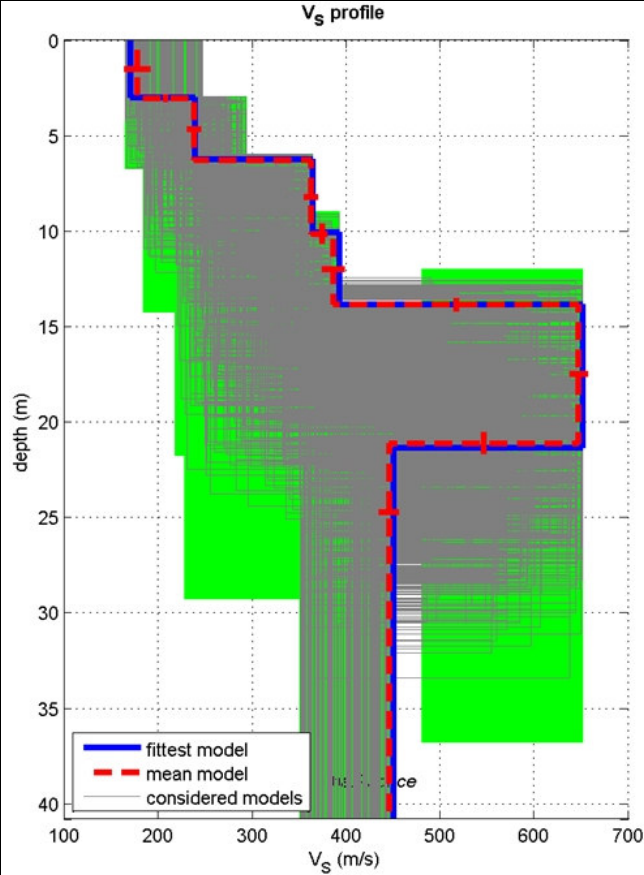
MASW 1



MASW			
Profondità (m)		Spessore (m)	Vs
da	a	(m)	(m/s)
0.0	0.7	0.7	244
0.7	5.0	4.3	209
5.0	11.6	6.6	515
11.6	16.4	4.8	310
16.4			511

$V_{s30} = 383 \text{ m/s (0 m da p.c.)}$

MASW 2



MASW			
Profondità (m)		Spessore (m)	Vs
da	a	(m)	(m/s)
0.0	3.1	3.1	178
3.1	6.3	3.2	238
6.3	10.2	3.9	362
10.2	13.9	3.7	386
13.9	21.1	7.2	646
21.1			445

$V_{s30} = 365 \text{ m/s (0 m da p.c.)}$

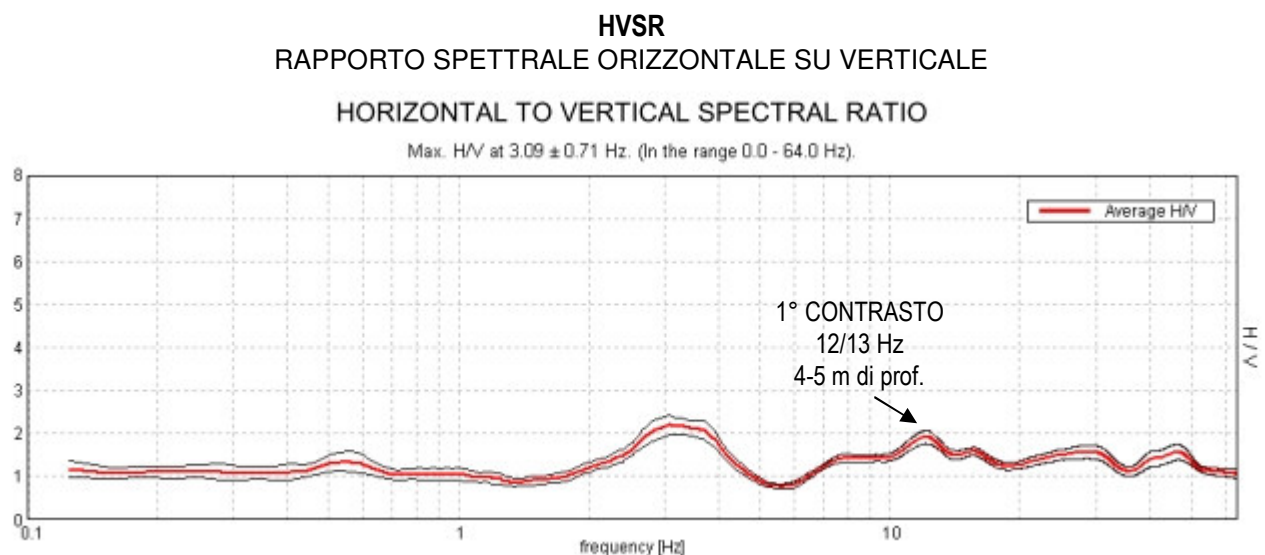
3.2.2 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA DI MICROTREMORI (HVSr)

L'indagine HVSr, registrazione con tromografo di rumore sismico ambientale di fondo (microtremore), si pone come obiettivo preminente l'individuazione delle diverse frequenze di risonanza del terreno il tutto, nell'ottica di valutare eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico nel terreno d'indagine.

L'elaborazione dei dati ha permesso di ottenere i diagrammi specifici ovvero gli spettri delle singole componenti (N-S, E-W e UP-DOWN) e lo spettro del moto del suolo (H/V).

La presenza di significative impedenze sismiche viene segnalata con l'elaborazione degli spettri HVSr, e delle tre componenti spaziali. L'analisi degli esiti di questa indagine può essere associata alle conoscenze di sottosuolo (stratigrafia e geomeccanica), ed alle misure ottenute dalle altre indagini geofisiche.

A seguire il grafico H/V.



Frequenze di risonanza

Il rapporto H/V permette di rilevare la presenza di contrasti di rigidezza evidenziati dal picco della linea rossa (average H/V) che sale a valori intorno a 2 in corrispondenza di determinate frequenze.

- picco di frequenza a 12/13 Hz (ampiezza ~2)
- picco di frequenza a 3.09 Hz (ampiezza ~2)

I picchi sopra elencati, sono ritenuti affidabili e di origine stratigrafica.

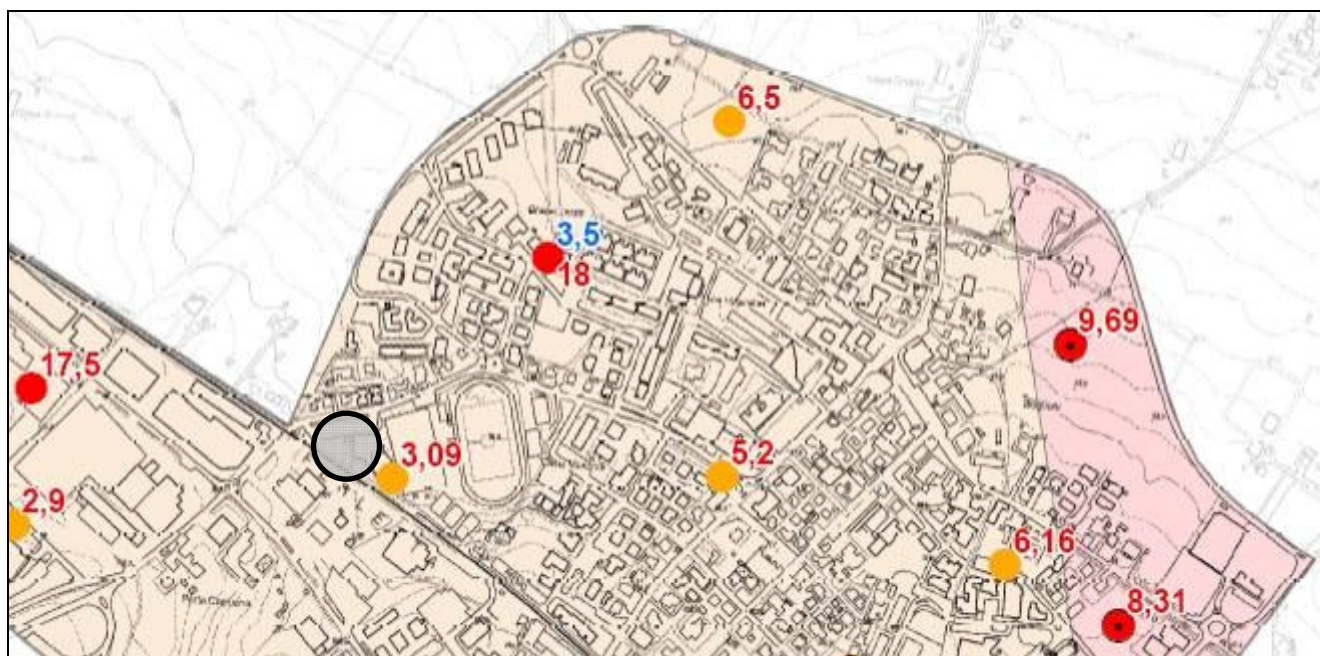
Si ricorda che il range tipico di interesse ingegneristico/strutturale delle costruzioni è compreso tra 1-10 Hz.

I picchi di risonanza sono attribuibili a passaggi di rigidezza, che dalle conoscenze stratigrafiche delle prove e dal profilo Vs delle Masw, si valutano intorno a profondità di 4-5 m per le frequenze di 12/13 Hz e 20/25 m per la frequenza di 3.09 Hz.

La conoscenza dei picchi di risonanza è necessaria al fine di valutare l'esistenza di eventuali incrementi dell'ampiezza delle oscillazioni sismiche, legati a fenomeni di doppia risonanza tra la frequenza fondamentale dei terreni superficiali e il primo modo di vibrare delle strutture in elevazione.

Di seguito si riporta la Carta delle Frequenze tratta dallo Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Casalgrande.

FIGURA 16 – CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI – 1:10.000



Tratta da "Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Casalgrande (2013).

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco		
	≤ 3	> 3	
$F_0 \leq 1$			
$1 < F_0 \leq 2$			
$2 < F_0 \leq 8$			
$F_0 > 8$			
Assenza di picchi significativi			

3.3 ANALISI SEMPLIFICATA (D.M. 14/01/2008)

3.3.1 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO

L'analisi dei dati delle indagini geofisiche consultate, unitamente alle conoscenze geologiche e litostratigrafiche, permette di ottenere un modello di sottosuolo riconducibile alla classificazione semplificata tipica delle categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2008. Le Masw forniscono valori della Vs30 compresi tra 365-383 m/s a 0 m di prof.

Il suolo di fondazione del sito d'intervento, tenendo conto che l'indeterminatezza tipica delle indagini geofisiche viene stimata intorno al 10-20%, viene classificato come:

- suolo di fondazione Categoria C (NTC2008)

a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione stratigrafica **Ss=1.41 (Classe dell'edificio IV - Cu = 2)**

3.3.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Condizioni topografiche – amplificazione topografica S_T

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

L'area in esame si colloca nella fascia di alta pianura reggiana antistante le prime colline, pertanto la **categoria topografica è T1** a cui si fa corrispondere un coefficiente di amplificazione: **$S_T=1.0$** .

3.4 CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI DEL SITO (D.M. 14-01-2008)

I parametri spettrali necessari per definire l'azione sismica di progetto vengono determinati inserendo:

- a) Classe dell'edificio IV - $C_u = 2$
- b) vita nominale della costruzione : 50 anni
- c) azione sismica : stato limite di salvaguardia della vita (tempo di ritorno : 949 anni)

I parametri tabellati sono sempre riferiti al substrato rigido. Oltre ad a_g si riportano anche altri due parametri:

- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore del sito viene ottenuto tramite la media pesata dei valori che si riferiscono ai quattro punti del reticolo che comprendono l'area in oggetto mediante la seguente formula:

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

Dove :

p = valore del parametro di interesse nel punto in esame

p_i = valore del parametro di interesse nell' i -simo punto della maglia elementare contenete il punto in esame

d_i = distanza del punto in esame dall' i -simo punto della maglia suddetta

Parametri sismici

Di seguito si riportano i parametri e i coefficienti sismici del sito.

Sito in esame	Siti di riferimento
latitudine: 44,589275	Sito 1 ID: 16277 Lat: 44,6017Lon: 10,6826 Distanza: 4129,652
longitudine: 10,731685	Sito 2 ID: 16278 Lat: 44,6034Lon: 10,7527 Distanza: 2285,848
Classe: 4	Sito 3 ID: 16500 Lat: 44,5534Lon: 10,7550 Distanza: 4396,905
Vita nominale: 50	Sito 4 ID: 16499 Lat: 44,5518Lon: 10,6849 Distanza: 5580,473

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente c_u :	2

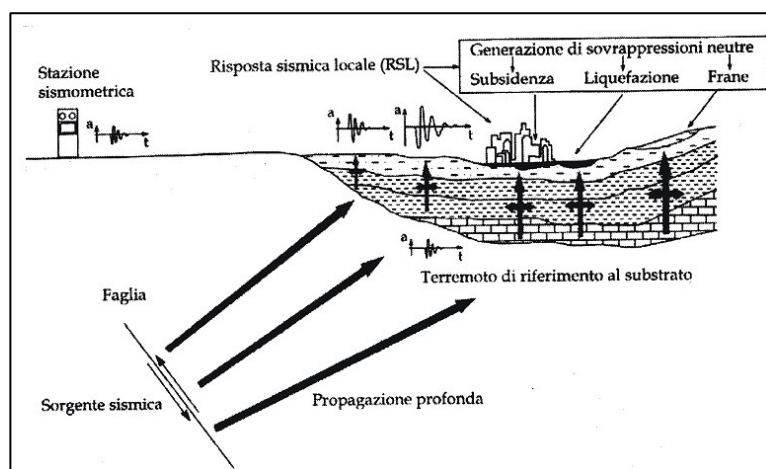
Parametri sismici	Operatività SLO
Probabilità di superamento: 81 %	Ss: 1,500
Tr: 60[anni]	Cc: 1,620
a_g : 0,069 g	St: 1,000
F_o : 2,481	Kh: 0,021
T_c^* : 0,267[s]	Kv: 0,010
	Amax: 1,021
	Beta: 0,200
Parametri sismici	Danno SLD
Probabilità di superamento: 63 %	Ss: 1,500
Tr: 101 [anni]	Cc: 1,610
a_g : 0,087 g	St: 1,000
F_o : 2,461	Kh: 0,026
T_c^* : 0,275[s]	Kv: 0,013
	Amax: 1,276
	Beta: 0,200
Parametri sismici	Salvaguardia della vita SLV
Probabilità di superamento: 10 %	Ss: 1,410
Tr: 949[anni]	Cc: 1,560
a_g : 0,203 g	St: 1,000
F_o : 2,389	Kh: 0,080
T_c^* : 0,302[s]	Kv: 0,040
	Amax: 2,811
	Beta: 0,280
Parametri sismici	Prevenzione del collasso SLC
Probabilità di superamento: 5 %	Ss: 1,330
Tr: 1950[anni]	Cc: 1,540
a_g : 0,250 g	St: 1,000
F_o : 2,437	Kh: 0,093
T_c^* : 0,313[s]	Kv: 0,046
	Amax: 3,256
	Beta: 0,280

3.5 PERICOLOSITÀ SISMICA ED EFFETTI LOCALI

3.5.1 SUSCETTIBILITÀ SISMICA

Cenni di microzonazione sismica

La diversa entità dei danni prodotti da un terremoto nello stesso ambito territoriale dimostra che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni geologiche che caratterizzano un dato ambito territoriale (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, ecc).



La microzonazione sismica si propone di studiare e valutare quantitativamente l'influenza che le condizioni geologiche locali hanno sui movimenti del suolo durante un evento sismico.

Il risultato di uno studio di questo tipo si traduce in una carta di dettaglio (carta della microzonazione sismica) che pone limitazioni di natura urbanistica e fornisce prescrizioni di progetto per le costruzioni che, in alcuni casi, possono anche risultare più

gravose di quelle contemplate dalle normative vigenti.

L'elemento base della microzonazione sismica è la valutazione della "risposta sismica locale" (RSL). Con tale termine s'intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

Amplificazione sismica – Considerazioni generali

Terreni con caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti possono, in condizioni di sollecitazione sismica, perdere temporaneamente o permanentemente la capacità portante a loro ascrivibile in condizioni statiche, causando cedimenti e lesioni negli edifici, anche se questi sono stati costruiti secondo criteri tali da far loro sopportare le sollecitazioni indotte dai terremoti attesi.

Altro caso riguarda l'effetto di liquefazione in condizioni sismiche dei terreni sabbiosi saturi che, sotto sollecitazioni cicliche, tendono a perdere la loro resistenza al taglio.

In alcuni casi, le particolari caratteristiche del sito, sia di tipo morfologico sia derivanti dalla natura del substrato, possono determinare effetti di amplificazione delle sollecitazioni, rispetto ad una situazione tipo. Si precisa che la situazione tipo è in generale definita da un'area pianeggiante con roccia granitica come appoggio per le strutture di fondazione degli edifici oppure, negli studi di microzonazione sismica, come il substrato roccioso (bedrock) che risente del terremoto di riferimento per il sito in questione, rispetto al quale si verifica l'eventuale effetto di amplificazione.

Tale effetto di amplificazione è legato alla presenza di terreni con rigidità inferiori a quella di riferimento; tale condizione di minore rigidità può ad esempio essere espressa dal valore dell'impedenza acustica della roccia (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche): più l'impedenza acustica della roccia è minore rispetto a quella della roccia di riferimento più l'effetto di amplificazione si rende evidente.

L'effetto di amplificazione sismica si risente poi anche quando il substrato è costituito da "terreni" (in senso geotecnico: terreni quaternari, depositi superficiali, ecc.), che per la loro stessa natura sono caratterizzati da valori di impedenza acustica sempre inferiori a quelli della roccia di riferimento. In questi casi, tuttavia, accade spesso che il fenomeno di amplificazione non risulta la causa delle lesioni e dei crolli degli edifici costruiti su questi terreni. In effetti, sono le caratteristiche geotecniche dei medesimi, che in condizioni di sollecitazione sismica tendono a peggiorare decisamente, a determinare i crolli: a causa della perdita di capacità portante alle strutture di fondazione, che avviene prima che l'effetto di amplificazione venga risentito dalla struttura degli immobili.

Di base, i due coefficienti di amplificazione che normalmente si considerano in mancanza di studi specialistici sono: S (in base al profilo stratigrafico e tipo di suolo) e S_T (coefficiente di amplificazione topografica).

3.6 EFFETTI DI SITO

L'esperienza e le ricerche sul terreno, hanno messo in evidenza l'esistenza di aree che tendono a risentire maggiormente degli effetti distruttivi delle scosse telluriche, rispetto ad altre aree poste nelle loro immediate vicinanze. Tale comportamento è legato alla possibilità del verificarsi di diversi tipi di fenomeni:

- effetto d'instabilità da terremoto
- amplificazione sismica per caratteristiche litologiche
- amplificazione sismica per caratteristiche topografiche
- liquefazione
- cedimenti

Per l'area in esame, si escludono effetti locali indotti da instabilità, liquefazione, cedimenti e topografia.

Sulla base delle indagini svolte, l'unico effetto di sito individuato è legato all'amplificazione sismica per caratteristiche litologiche.

Nella pagina seguente si riporta uno Stralcio della Carta delle MOPS tratta dallo Studio di Microzonazione Sismica 2013 del Comune di Casalgrande, dove l'area in studio rientra nelle zone "stabili suscettibili di amplificazioni locali".

Nel Cap. 3.2-3.3-3.4 sono stati valutati, in modo semplificato con le NTC 2008, gli effetti dovuti alle caratteristiche litologiche (coeff. ampl. Stratigrafica $S_s=1.41$).

3.6.1 CARTA DELLE MOPS

Di seguito si riporta la Carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) tratta dallo Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Casalgrande.

FIGURA 17 – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA – 1:10.000



Tratta da “Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Casalgrande (2013).

L'area oggetto di variante ricade nella Zona 6.

Dalla lettura della descrizione della zona e in considerazione delle prove geognostiche e geofisiche eseguite, l'area in studio risulta caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi di argille limose moderatamente consistenti dello spessore medio intorno ai 5 m, poggianti su un orizzonte molto consistente e/o addensato.

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1: successione stratigrafica costituita da alternanze di limi e limi argillosi, tavola sabbiosi, aventi spessore variabile da 2 a 7 metri, ricoperti depositi ghiaiosi di spessore pluridecametrico
- Zona 2: successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi ghiaiosi di potenza pluridecametrica con locali intercalazioni a matrice argillosa, ricoperti in superficie da un livello di sabbie limose di ridotto spessore
- Zona 3: successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi ghiaiosi di potenza pluridecametrica, ricoperti in superficie da un livello di limi argillosi di spessore variabile da 4 a 6 metri
- Zona 4: successione stratigrafica costituita da depositi superficiali di argille limose e limi sabbiosi, sovrastanti un livello di ghiaie dello spessore medio di 3 metri posto su un substrato di peliti marnose di origine marina
- Zona 5: successione stratigrafica costituita da depositi di argille limose con intercalazioni di livelli ghiaiosi in matrice limo-argillosa e limo-sabbiosa. A profondità variabili da -10 a -20 metri da p.c. è presente un orizzonte ghiaioso addensato poggiante su depositi sabbioso-ghiaiosi di ambiente costiero
- Zona 6: successione stratigrafica costituita da depositi di argille limose moderatamente consistenti dello spessore medio di circa 5 metri, poggianti su un orizzonte argilloso molto consistente

Zone suscettibili di instabilità

- 3018 Instabilità di versante attiva
- 3020 Instabilità di versante quiescente

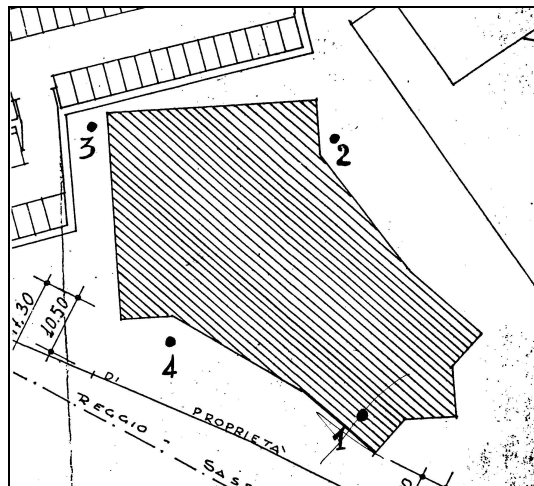
4. MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

4.1 INDAGINI, MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

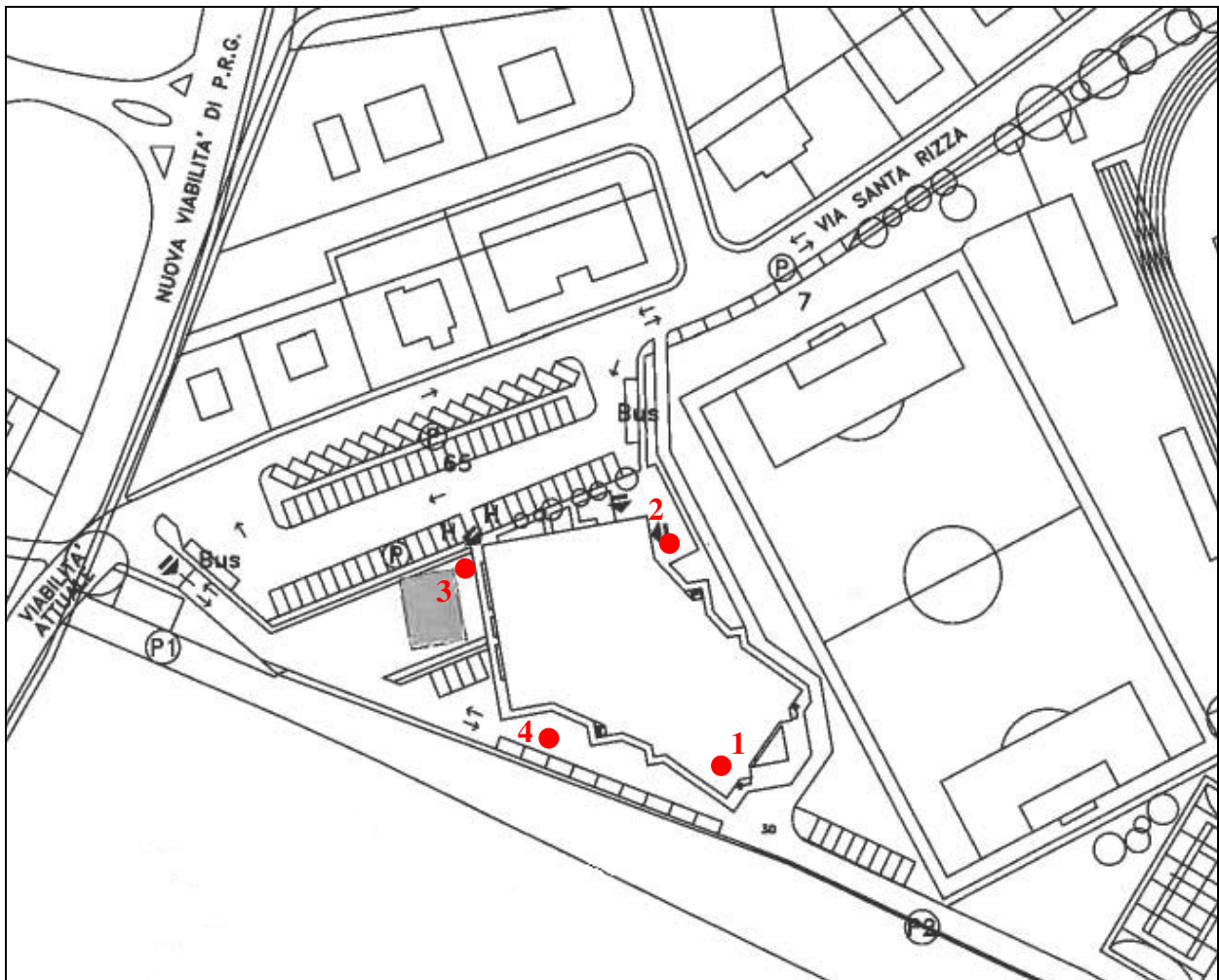
Per la caratterizzazione litostratigrafica e fisico-meccanica dei terreni di fondazione del sito sono state consultate:

- n° 4 prove penetrometriche statiche (All. 1);

FIGURA 18 – UBICAZIONE INDAGINI (scala grafica)



PLANIMETRIA ORIGINALE
CON UBICAZIONE DELLE
PROVE



●: prova penetrometrica statica

Per le prove, nei tabulati di calcolo e nei diagrammi penetrometrici (Allegato 1) sono stati riportati, oltre ai valori misurati in sito ogni 20 cm di avanzamento della punta, i valori della *resistenza penetrometrica alla punta* (R_p) (grafico a sinistra), espressi in kg/cm^2 , i valori della *resistenza laterale locale* (R_l), sempre espressi in kg/cm^2 , nonché i valori del rapporto fra la *resistenza alla punta* e la *resistenza laterale locale* (R_p/R_l) (grafico a destra).

4.1.2 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E MECCANICO-RESISTIVA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Dall'interpretazione dei dati ricavati dalle prove penetrometriche statiche (All. 1), ed in particolare dall'analisi della prova n° 3 che ricade in adiacenza della struttura in progetto, viene ricostruita la sequenza litostratigrafica interpretativa del sottosuolo e valutate le caratteristiche meccaniche degli strati attraversati.

SEQUENZA LITOSTRATIGRAFICA	
PROVA 3	
- 0.0 ÷ 3.2 m	Argille limose compatte e limi argillosi mediamente addensati. $R_p=18\div36 \text{ kg/cm}^2$.
- 3.2 ÷ 4.4 m	Limi sabbiosi addensati con subordinata frazione ghiaiosa. $R_p=80\div260 \text{ kg/cm}^2$.
- 4.4 ÷ 6.0 m	Argille limose compatte e limi argillosi mediamente addensati. $R_p=20\div32 \text{ kg/cm}^2$.
- 6.0 ÷ 7.0 m	Limi sabbiosi addensati. $R_p=32\div92 \text{ kg/cm}^2$.
- 7.0 ÷ 10.0 m	Limi argillosi addensati e argille limose da compatte a molto compatte. $R_p=20\div60 \text{ kg/cm}^2$.

R_p : range della resistenza alla punta statica con valori riferiti alla superficie della punta di perforazione (10 cm^2).

4.1.3 IDROLOGIA SOTTERRANEA

Per quanto riguarda la conformazione e il regime idrologico del sottosuolo, nei fori di sondaggio, al termine delle prove, non è stato rinvenuto alcun livello di falda.

La soggiacenza della falda principale è molto profonda ($\sim 40 \text{ m}$ dal p.c.). Non sono comunque escluse falde più superficiali semiconfinare che possono permeare i livelli più grossolani.

5. TIPOLOGIA DELL' INTERVENTO

Nel sito in studio è in previsione un progetto di recupero funzionale della struttura polivalente bocciodromo; in particolare è prevista la realizzazione di una struttura a servizio dell'EMA Emilia Ambulanze Soccorso Sanitario, a pianta rettangolare di dimensioni circa 13.5x10.5, costituita da un unico piano terra e struttura portante metallica.

Per i dati dimensionali di dettaglio dell'intervento si rimanda agli elaborati progettuali.

6. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

6.1 CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE – MODELLO GEOTECNICO

I parametri geotecnici di seguito riportati, sono ottenuti dall'elaborazione ponderata della prova penetrometrica statica n° 3.

Di seguito si forniscono i parametri geotecnici nominali di resistenza rappresentativi degli "strati" discretizzati:

PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI

PROVA 3				
Strati	γ	ϕ	C'	Cu
prof. in m	(t/mc)	(°)	(KPa)	(KPa)
0.6 – 3.2	1.9	23	21	129
3.2 – 4.4	2.0	32	-	-
4.4 - 6.0	1.9	23	13	137
6.0 – 7.0	2.0	26	56	338
7.0 – 10.0	1.9	24	33	195

Legenda: γ peso di volume; ϕ angolo d'attrito; C' coesione efficace; Cu coesione non drenata

6.2 PROPOSTA DI TIPOLOGIA DI FONDAZIONE

Tenuto conto del modello geologico-geotecnico desunto dalle indagini consultate, l'intervento in progetto potrà prevedere l'utilizzo di fondazioni superficiali (trave rovescia o platea).

Il sito dove è in previsione la nuova struttura è caratterizzato da un piazzale asfaltato adibito a parcheggio pertanto si ipotizza, pur non avendo eseguito un'indagine diretta, la presenza di un certo spessore di materiali di riporto di sottofondo al di sotto del piano asfalto e posti a tetto dei terreni naturali sottostanti.

Il D.M.14/01/2008 prescrive che il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua (strato attivo).

Pur tenendo in considerazione quanto sopra e altresì che sarebbe buona norma evitare l'appoggio diretto delle fondazioni su litologie di riporto che per loro natura possono presentarsi eterogenee dal punto di vista meccanico-resistivo e della portanza, in base alla limitata entità dell'intervento unita al fatto che i terreni di riporto presenti al di sotto del parcheggio si presentano senz'altro con un elevato grado di consolidazione avvenuta nel corso degli anni, si può ammettere la scelta di una fondazione a platea con un piano di appoggio superficiale minimo anche all'interno dei terreni di riporto del piazzale.

In presenza di litologie di riporto granulari addensate si potranno utilizzare i seguenti parametri geotecnici indicativi:

TERRENI GRANULARI ADDENSATI DI RIPORTO

Strati	γ	ϕ	C'	Kw
prof. in m	(t/mc)	(°)	(KPa)	(kg/cmc)
0 – 0.5	1.9	28/32	-	5

Legenda: γ peso di volume; ϕ angolo d'attrito; C' coesione efficace; Kw coeff. di Winkler

Nel caso vengano oltrepassati i terreni di riporto e ci si attestasse sui terreni naturali sottostanti di natura argillosa-limosa compatta, potranno utilizzare i seguenti parametri geotecnici:

TERRENI NATURALI ARGILLOSI LIMOSI

Strati	γ	ϕ	C'	Cu	Kw
prof. in m	(t/mc)	(°)	(KPa)	(KPa)	(kg/cmc)
0.5 – 3.2	1.9	23	21	129	1.5

Legenda: γ peso di volume; ϕ angolo d'attrito; C' coesione efficace; Cu coesione non drenata; Kw coeff. di Winkler

7. CONSIDERAZIONI FINALI

Nell'area in studio (Fig. 1-2), è stato eseguito uno studio geologico e sismico volto alla ricostruzione degli aspetti geologici e sismici dell'area connessi con un progetto di recupero funzionale della struttura polivalente bocciodromo; in particolare è prevista la realizzazione di una struttura a servizio dell'EMA Emilia Ambulanze Soccorso Sanitario in Via Santa Rizza a Casalgrande (RE).

Le indagini hanno messo in evidenza i seguenti aspetti:

- Si rileva un primo sottosuolo costituito da una sequenza di terreni prevalentemente argillosi e limosi da compatti a molto compatti con subordinati livelli sabbioso-limosi addensati con a luoghi presenza di ghiaietto.
- La caratterizzazione sismica dell'area ha permesso di ottenere un modello di sottosuolo riconducibile alla classificazione semplificata tipica delle categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2008. È possibile classificare il suolo di fondazione del sito d'intervento: suolo di fondazione Categoria C.
- L'accelerazione massima su suolo rigido e pari a $a_g = 0.203$ ($C_u=2$, Classe 4).
- Allo stato limite ultimo (SLV) l'amplificazione stratigrafica $S_s=1.41$, l'amplificazione topografica $S_t=1$.
- Per gli effetti di sito, si escludono fenomeni quali instabilità e liquefazione. Si avrà invece amplificazione sismica per caratteristiche litologiche ($S_s=1.41$).

Tenendo conto della limitata entità dell'intervento unita al fatto che i terreni di riporto presenti al di sotto del parcheggio si presentano senz'altro con un elevato grado di consolidazione avvenuta nel corso degli anni, si può ammettere la scelta di una fondazione a platea con un piano di appoggio superficiale minimo anche all'interno dei terreni di riporto del piazzale.

Nel caso invece vengano oltrepassati i terreni di riporto, ci si potrà attestare sui terreni naturali sottostanti di natura argillosa-limosa compatta.

Si consiglia la presenza dello scrivente all'inizio dei lavori, al fine di acquisire quegli ulteriori elementi di conoscenza, a priori non prevedibili e per avere conferma delle ipotesi fatte.

In fase esecutiva, l'apertura degli scavi di fondazione e la definizione delle relative quote di progetto permetterà di quantificare puntualmente la natura e i caratteri lito-tecnici dei terreni, e di conseguenza affinare eventualmente la profondità, nel caso di disomogeneità latero-verticali non evidenziate dallo studio eseguito.

Dalle considerazioni sopra esposte si ritiene l'intervento in progetto compatibile con le caratteristiche geologiche e sismiche dell'area.

Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti



ALLEGATO - 1 -

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

PENETROMETRO STATICO GOUDA

29010 ea10 Kg.

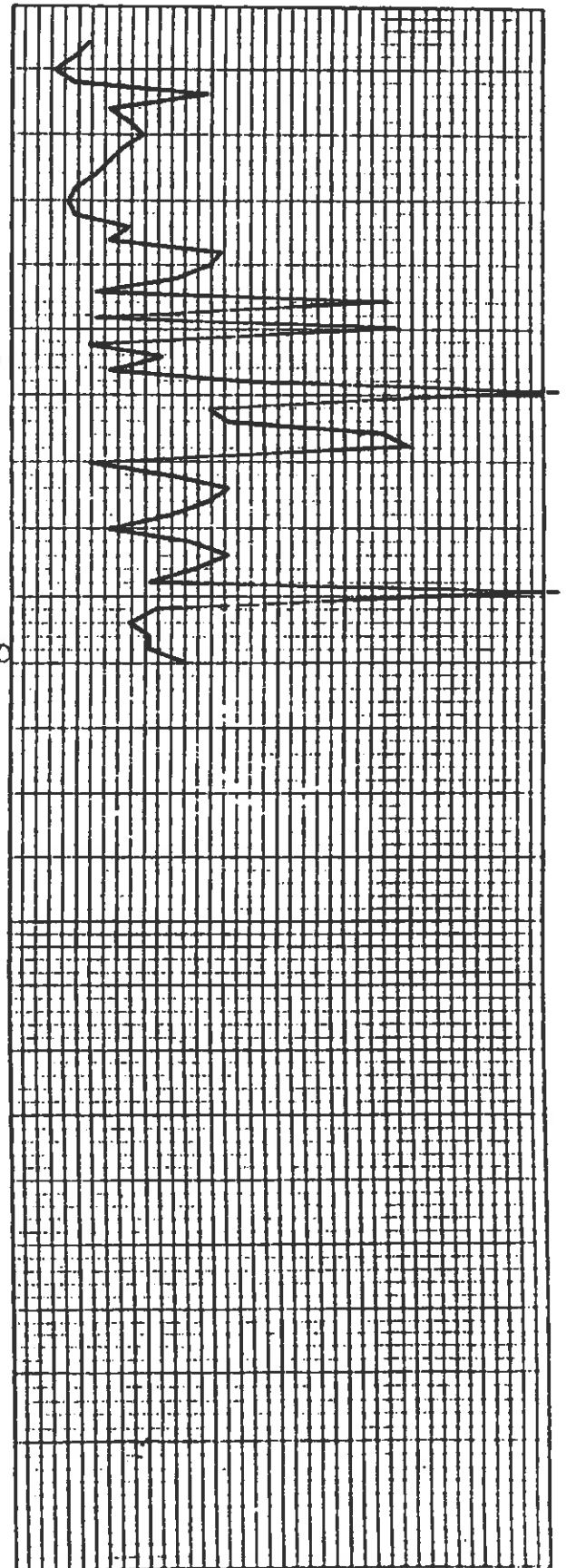
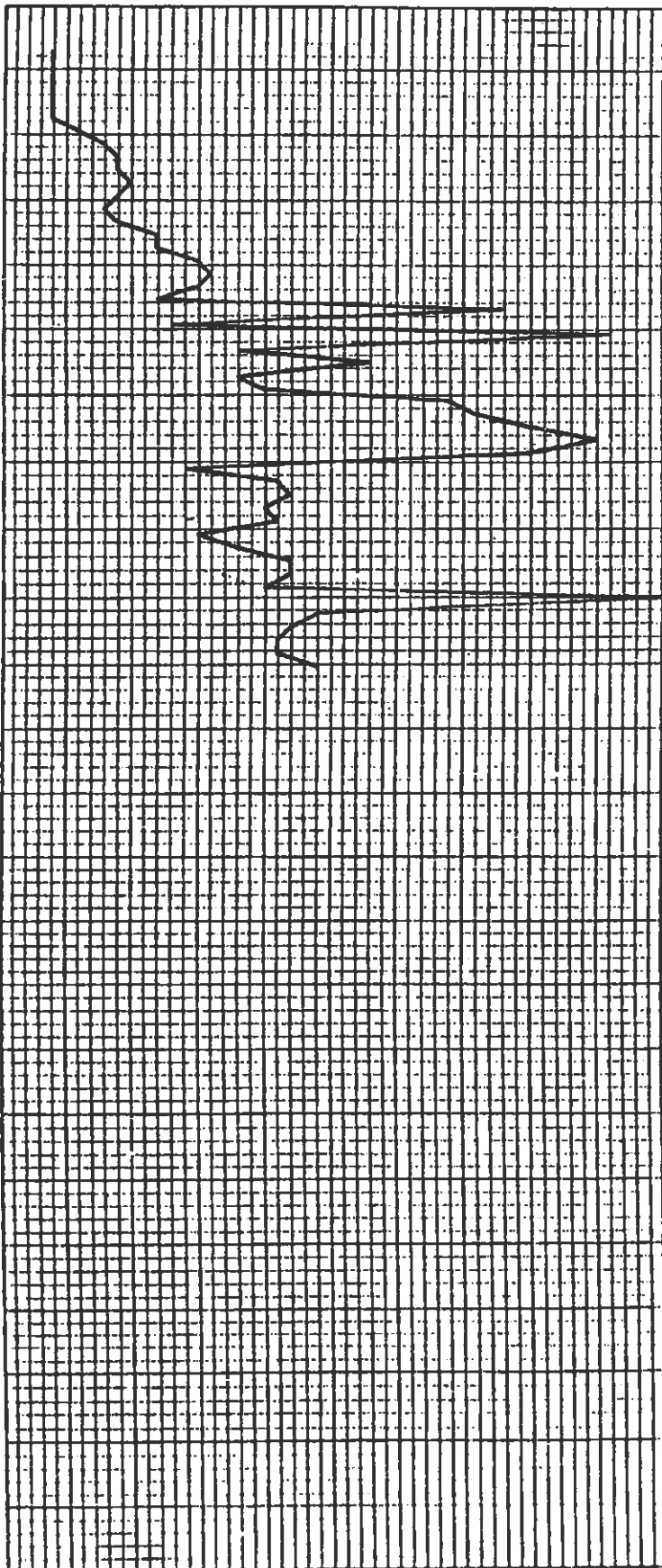
resistenza laterale totale

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000

resistenza alla punta

kg/cm²

Rp/d



PROFONDITA'	P	P+L	Rp	Rl	Rp/Rl	Rt	NOTE
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		K _r	
.2							
.4							
.6	8	18	8	.66	12		
.8	8	20	8	.8	10		
1	8	24	8	1.06	7		
1.2	8	20	8	.8	10		
1.4	8	12	8	.26	30		
1.6	8	16	8	.53	15		
1.8	12	22	12	.66	18		
2	16	28	16	.8	20		
2.2	18	34	18	1.06	17		
2.4	18	36	18	1.2	15		
2.6	20	44	20	1.6	13		
2.8	18	44	18	1.73	10		
3	16	44	16	1.86	9		
3.2	18	44	18	1.73	10		
3.4	24	44	24	1.33	18		
3.6	24	48	24	1.6	15		
3.8	30	44	30	.93	32		
4	32	48	32	1.06	30		
4.2	30	48	30	1.2	25		
4.4	24	52	24	1.86	13		
4.6	76	96	76	1.33	57		
4.8	26	56	26	2	13		
5	92	116	92	1.6	58		
5.2	36	80	36	2.93	12		
5.4	56	92	56	2.4	23		
5.6	36	72	36	2.4	15		
5.8	40	56	40	1.06	37		
6	68	76	68	.53	127		
6.2	72	108	72	2.4	30		
6.4	80	116	80	2.4	33		
6.6	90	114	90	1.6	56		
6.8	80	100	80	1.33	60		
7	28	64	28	2.4	12		
7.2	42	68	42	1.73	24		
7.4	44	64	44	1.33	33		
7.6	40	60	40	1.33	30		
7.8	42	68	42	1.73	24		
8	30	60	30	2	15		
8.2	36	56	36	1.33	27		
8.4	44	64	44	1.33	33		
8.6	44	68	44	1.6	28		
8.8	40	68	40	1.86	21		
9	100	112	100	.8	125		
9.2	48	80	48	2.13	22		

PROFONDITA'	P	P+L	Rp	R1	Rp/R1	Rt	NOTE
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		Kg	
9,4	44	80	44	2,4	18		
9,6	42	72	42	2	21		
9,8	42	72	42	2	21		
10	48	76	48	1,86	26		

INTERGEO s.p.a. VIA G. NARDI 41100 MODENA Tel. 059/225504

PENETROMETRO STATICO GOUDA

29010 e02B

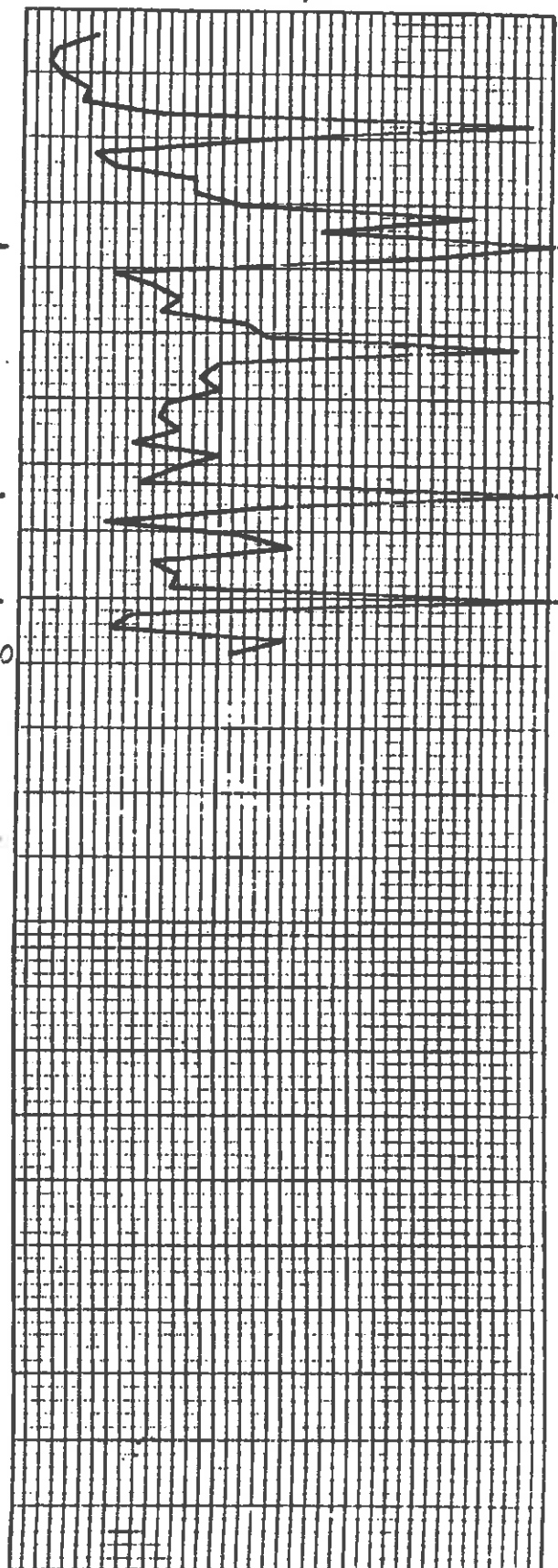
resistenza laterale totale

Age Group	Should Do More (%)	Should Not (%)
18-29	85	15
30-39	85	15
40-49	85	15
50-59	85	15
60-69	85	15
70-79	85	15
80+	85	15

resistenza alla punta

kg/cm²

April



ROFONDITA'	P	P+L	Rp	R1	Rp/R1	Rt	NOTE
"	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq		Kg	
1.2							
1.4							
1.6	12	28	12	1.06	11		
1.8	8	30	8	1.46	5		
1	8	36	8	1.86	4		
1.2	10	36	10	1.73	6		
1.4	18	44	18	1.73	10		
1.6	20	52	20	2.13	9		
1.8	40	68	40	1.86	21		
2	92	110	92	1.2	77		
2.2	48	68	48	1.33	36		
2.4	26	60	26	2.26	11		
2.6	18	38	18	1.33	14		
2.8	24	38	24	.93	26		
3	28	44	28	1.06	26		
3.2	66	96	66	2	33		
3.4	36	44	36	.53	68		
3.6	66	68	66	1.46	45		
3.8	120		120				
4	64	80	64	1.06	60		
4.2	20	42	20	1.46	14		
4.4	16	28	16	.8	20		
4.6	16	28	16	.66	24		
4.8	14	24	14	.66	21		
5	18	26	18	.53	34		
5.2	20	28	20	.53	37		
5.4	30	36	30	.4	75		
5.6	16	24	16	.53	30		
5.8	18	28	18	.66	27		
6	24	36	24	.8	30		
6.2	24	40	24	1.06	22		
6.4	28	48	28	1.33	21		
6.6	32	52	32	1.33	24		
6.8	30	56	30	1.73	17		
7	80	120	80	2.66	30		
7.2	60	100	60	2.66	23		
7.4	56	104	56	3.2	18		
7.6	160		160				
7.8	48	68	48	1.33	36		
8	46	100	46	3.6	13		
8.2	44	64	44	1.33	33		
8.4	44	60	44	1.06	41		
8.6	30	52	30	1.46	20		
8.8	32	52	32	1.33	24		
9	36	60	36	1.6	23		
9.2	100	112	100	.8	125		

PROFONDITA'	P	P+L	Rp	R1	Rp/R1	Rt	NOTE
m	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq		Kg	
9.4	50	112	50	3.46	17		
9.6	48	100	48	3.46	14		
9.8	55	80	55	1.46	40		
10	60	88	60	1.86	32		

INTERCEO s.r.l. VIA A. NARDI 41100 MODENA Tel. 059/225504

PENETROMETRO STATICO GOUDA

2900 e 01C Kg.

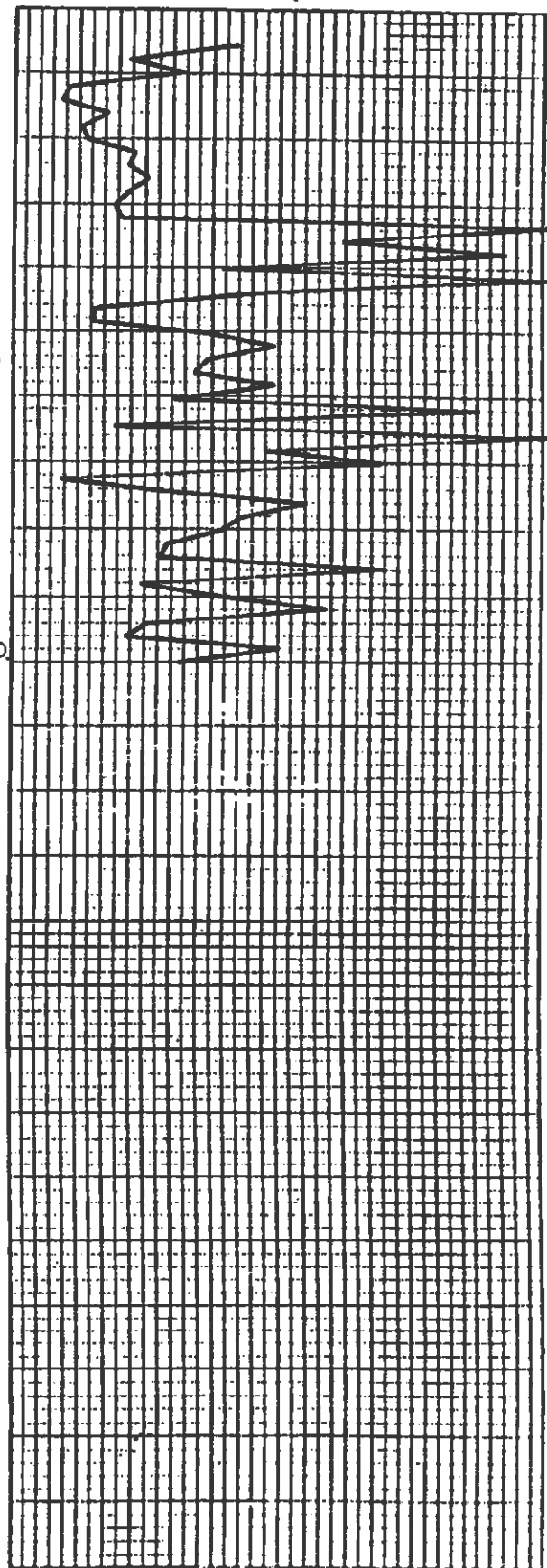
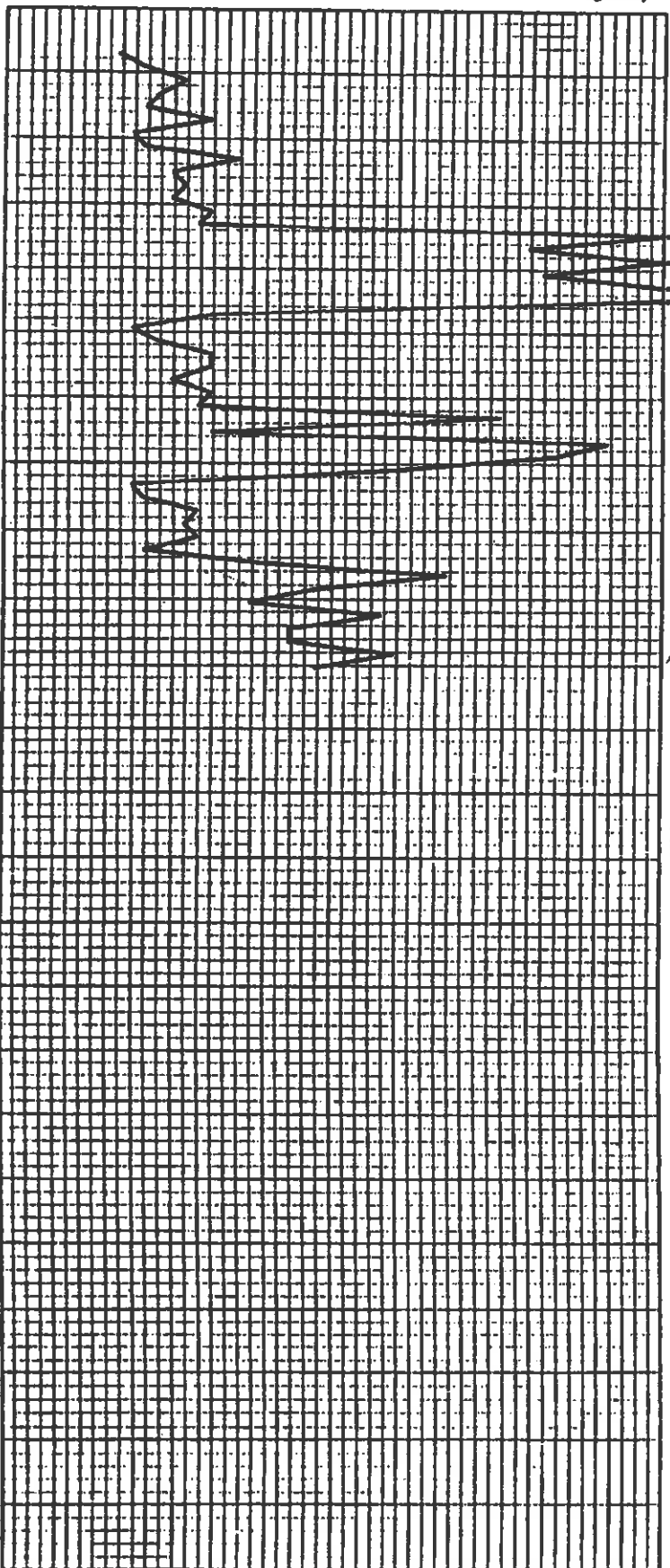
resistenza laterale totale



resistenza alla punta

kg/cm²

Rp/H



PROFONDITA'	P	P+L	Rp	R1	Rp/R1	Rt	NOTE
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		Kg	
9.4	44	76	44	2.13	21		
9.6	44	80	44	2.4	18		
9.8	60	82	60	1.46	41		
10	48	76	48	1.86	26		

INTERGEO s.p.a. VIA A. NARDI 41100 MODENA Tel. 059/325504

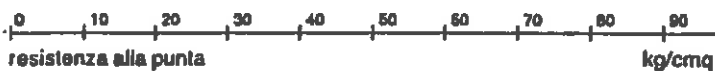


PROFONDITA'	P	P+L	Rp	Rl	Rp/Rl	Rt	NOTE
	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq		Kg	
.2							
.4							
.6	18	26	18	.53	34		
.8	22	40	22	1.2	18		
1	28	44	28	1.06	26		
1.2	24	64	24	2.66	9		
1.4	22	64	22	2.8	8		
1.6	32	64	32	2.13	15		
1.8	20	48	20	1.86	11		
2	22	50	22	1.86	12		
2.2	36	64	36	1.86	19		
2.4	26	48	26	1.46	18		
2.6	28	48	28	1.33	21		
2.8	26	48	26	1.46	18		
3	32	62	32	2	16		
3.2	30	56	30	1.73	17		
3.4	140	150	140	.66	210		
3.6	80	104	80	1.6	50		
3.8	110	132	110	1.46	75		
4	82	120	82	2.53	32		
4.2	260		260				
4.4	140	200	140	4	35		
4.6	32	70	32	2.53	13		
4.8	20	44	20	1.6	13		
5	24	36	24	.8	30		
5.2	32	44	32	.8	40		
5.4	32	48	32	1.06	30		
5.6	26	40	26	.93	28		
5.8	32	44	32	.8	40		
6	30	48	30	1.2	25		
6.2	76	92	76	1.06	71		
6.4	32	62	32	2	16		
6.6	92	100	92	.53	172		
6.8	84	116	84	2.13	39		
7	60	76	60	1.06	56		
7.2	20	60	20	2.66	8		
7.4	22	36	22	.93	24		
7.6	30	40	30	.66	45		
7.8	28	40	28	.8	35		
8	30	44	30	.93	32		
8.2	22	36	22	.93	24		
8.4	40	66	40	1.73	23		
8.6	68	86	68	1.2	57		
8.8	48	84	48	2.4	20		
9	38	56	38	1.2	32		
9.2	58	76	58	1.2	48		

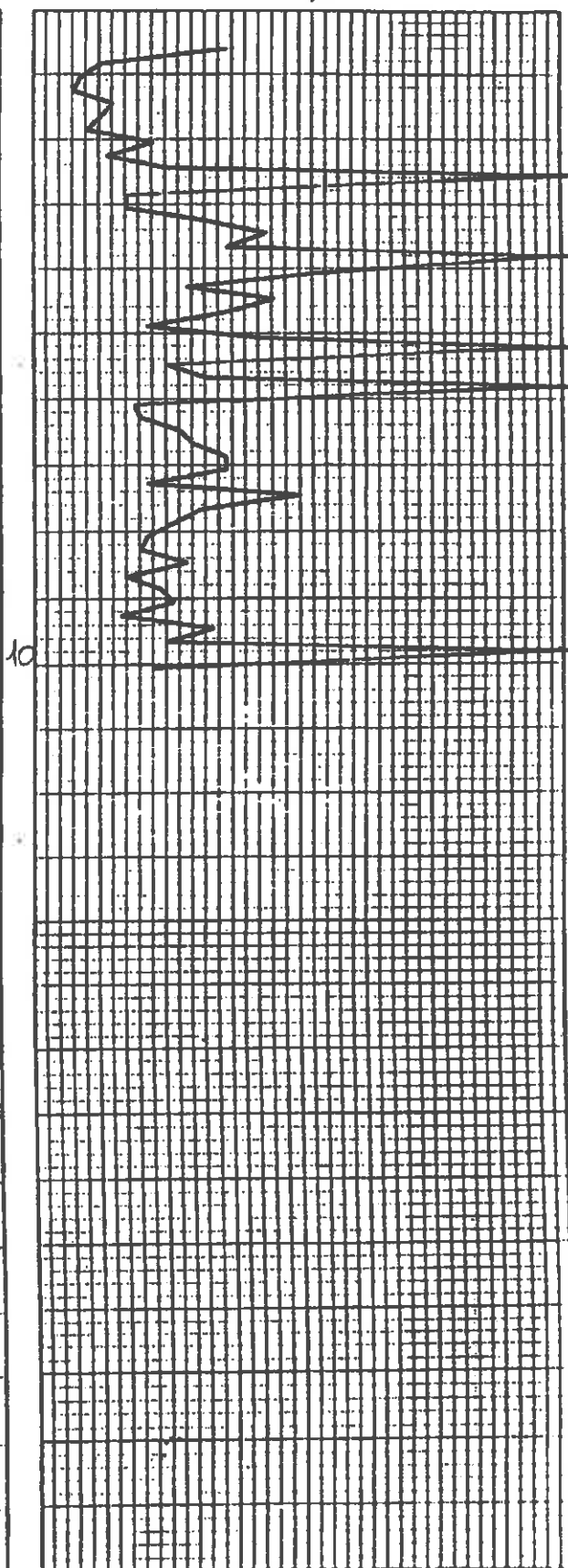
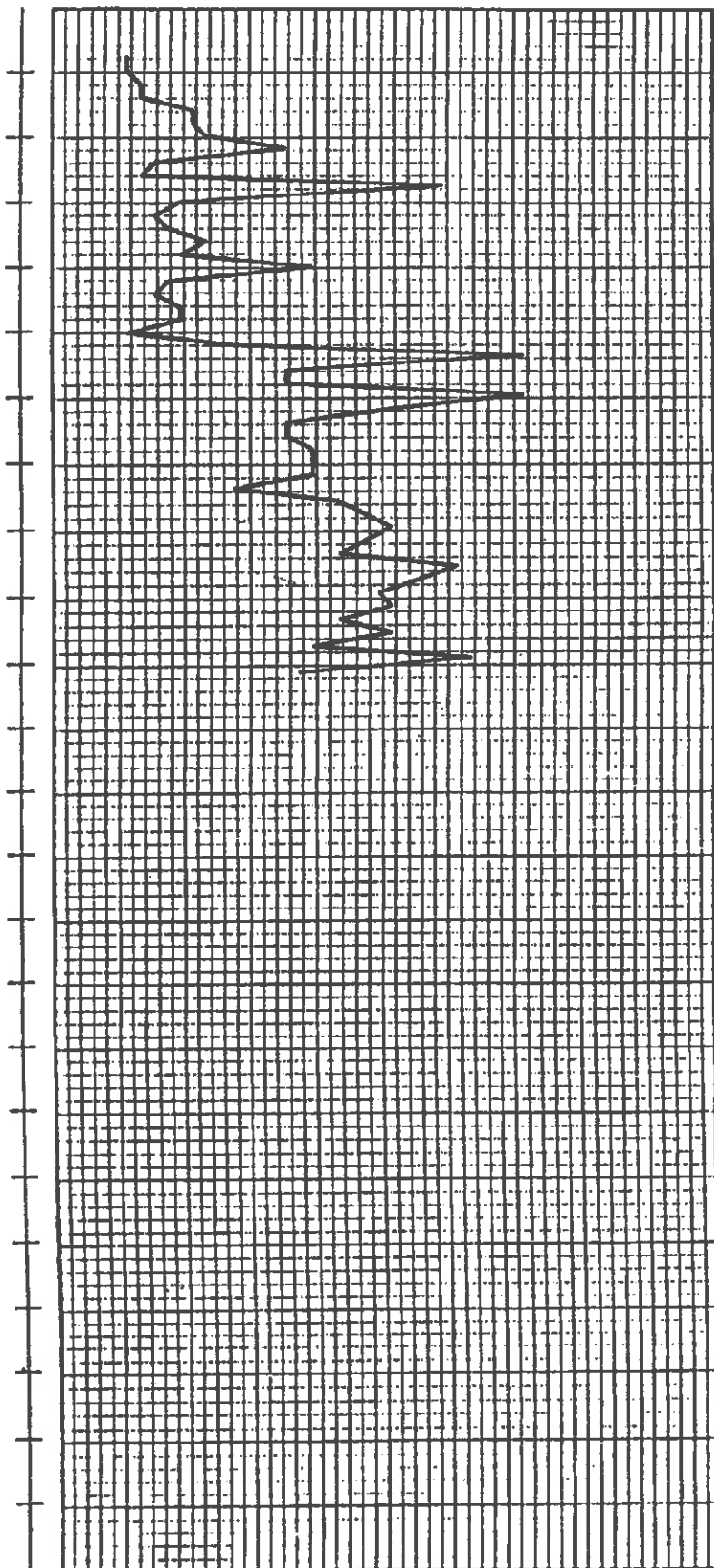
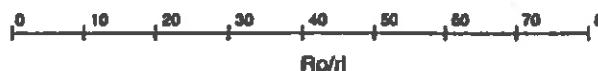
PENETROMETRO STATICO GOUDA

219010 0080 kg

resistenza laterale totale



resistenza alla punta



PROFONDITA' m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rp Kg/cmq	R1 Kg/cmq	Rp/R1	Rt Kg	NOTE
.2							
.4							
.6	12	18	12	.4	30		
.8	12	28	12	1.06	11		
1	14	40	14	1.73	8		
1.2	14	44	14	2	7		
1.4	22	48	22	1.73	13		
1.6	22	52	22	2	11		
1.8	24	64	24	2.66	9		
2	36	64	36	1.86	19		
2.2	16	36	16	1.33	12		
2.4	14	24	14	.66	21		
2.6	60	68	60	.53	112		
2.8	20	40	20	1.33	15		
3	16	32	16	1.06	15		
3.2	18	28	18	.66	27		
3.4	24	34	24	.66	36		
3.6	20	30	20	.66	30		
3.8	40	44	40	.26	150		
4	18	24	18	.4	45		
4.2	16	26	16	.66	24		
4.4	20	28	20	.53	37		
4.6	20	30	20	.66	30		
4.8	12	22	12	.66	18		
5	28	40	28	.8	35		
5.2	72	80	72	.53	135		
5.4	36	62	36	1.73	21		
5.6	36	56	36	1.33	27		
5.8	72	80	72	.53	135		
6	52	100	52	3.2	16		
6.2	36	68	36	2.13	17		
6.4	36	60	36	1.6	23		
6.6	40	64	40	1.6	25		
6.8	40	60	40	1.33	30		
7	40	60	40	1.33	30		
7.2	28	52	28	1.6	18		
7.4	44	60	44	1.06	41		
7.6	48	76	48	1.86	26		
7.8	52	88	52	2.4	22		
8	48	88	48	2.66	18		
8.2	44	84	44	2.66	17		
8.4	62	100	62	2.53	24		
8.6	56	112	56	3.73	15		
8.8	50	88	50	2.53	20		
9	52	88	52	2.4	22		
9.2	44	90	44	3.9	14		

INTERPRETARE E CONFRONTARE CON I DATI DI PROVA

1/2

PROFONDITA'	P	P+L	Rp	R1	Rp/R1	Rt	NOTE
m	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq		Kg	
9.4	52	80	52	1.86	28		
9.6	40	69	40	1.86	21		
9.8	64	72	64	53	120		
10	38	68	38	2	19		

INTERGEO s.r.l. VIA A. NARDI 41100 MODENA Tel. 059/225504