

COMUNE DI SCANDIANO

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

REGIONE EMILIA ROMAGNA

LAVORO:

RIORGANIZZAZIONE FUNZIONALE
SCUOLE SUPERIORI DI SCANDIANO

ADEGUAMENTO FUNZIONALE
DEL POLO SCOLASTICO – 4° LOTTO

FASE:	PERMESSO DI COSTRUIRE		COMMESSA N°	G	0	8	G	A	1	1	0		
TITOLO:	RELAZIONE GEOLOGICA RELAZIONE GEOTECNICA RELAZIONE SISMICA		SERVIZIO	GEOLOGIA E GEOTECNICA									
			ELABORATO	R	G	0	1	A					
			DOCUMENTO	G08GA076RG01A									
ESTENSORE:	<p style="text-align: center;">Geode srl Via Martinella 50/C 43100 – PARMA tel/fax 0521257057 e-mail: geologia@geodeonline.it</p> <p>Dott. Geol. Giancarlo Bonini</p>		COMMITTENTE:	<p style="text-align: center;">PROVINCIA DI REGGIO EMILIA Area cultura e valorizzazione del territorio Corso Garibaldi, 59 42100 Reggio Emilia</p>									
E													
D													
C													
B													
A	07-07-2008	EMISSIONE		S. CONTINI	G. BONINI								
	DATA	DESCRIZIONE		CONTROLLATO	APPROVATO								

Lavoro a cura di

Geode scrll Via Martinella 50/C 43100 Parma Tel/fax 0521/257057

Dott. Geol. Giancarlo Bonini

Dott.ssa Simona Contini

INDICE

A. PREMESSA	5
A.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	7
B.1 QUADRO GEOLOGICO.....	7
B.2 STRATIGRAFIA.....	9
B.2.1 <i>Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore</i>	9
B.2.1.1 AES7 - Subsintema di Villa Verucchio	10
B.2.2 <i>Supersintema del Quaternario Marino</i>	11
B.2.2.1 CMZ- Sintema di Costamezzana.....	12
B.3 CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI DEL SOTTOSUOLO-PTCP REGGIO EMILIA 2007	13
B.4 ZONIZZAZIONE SISMICA.....	13
B.5 ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	23
B.6 IDROGEOLOGIA E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI.....	26
B.6.1 <i>La piezometria</i>	26
B.6.2 <i>La vulnerabilità</i>	28
C. DATI GEOGNOSTICI E STRATIGRAFICI.....	29
C.1 DATI STRATIGRAFICI BIBLIOGRAFICI	29
C.2 DATI GEOGNOSTICI E STRATIGRAFICI LOCALI	30
C.3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO.....	32
C.3.1.1 Sondaggio S1	32
C.3.1.2 Sondaggio S2	33

C.4	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT).....	34
C.5	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (SCPT).....	37
C.6	RISULTATI DELLE INDAGINI.....	38
C.7	CARATTERIZZAZIONE GEOLITOLOGICA.....	39
D.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	41
D.1	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	41
D.2	ANALISI DI PRIMO LIVELLO.....	41
D.3	ANALISI DI SECONDO LIVELLO.....	42
D.3.1	<i>Il fattore di amplificazione.....</i>	<i>43</i>
D.4	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	45
D.5	AZIONI SISMICHE.....	47
E.	RELAZIONE GEOTECNICA.....	49
E.1	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	49
E.1.1	<i>Coesione non drenata.....</i>	<i>49</i>
E.1.2	<i>Modulo Edometrico.....</i>	<i>50</i>
E.1.3	<i>Resistenza al taglio in condizioni drenate.....</i>	<i>52</i>
E.1.4	<i>Modulo elastico.....</i>	<i>53</i>
E.1.5	<i>Riepilogo caratteristiche fisico-meccaniche del terreno.....</i>	<i>53</i>
E.2	ANALISI DELLE FONDAZIONI.....	54
E.2.1	<i>Tipologia delle fondazioni.....</i>	<i>54</i>
E.2.2	<i>Calcoli di verifica.....</i>	<i>54</i>
E.2.3	<i>Analisi dei cedimenti.....</i>	<i>55</i>
E.2.3.1	Definizione della geometria della fondazione e dei carichi applicati.....	56
E.2.3.2	Calcolo delle tensioni indotte con il Metodo di Boussinesq.....	58
E.2.3.3	Cedimenti della fondazione con il Metodo Edometrico.....	60
F.	CONSIDERAZIONI FINALI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	62

A. PREMESSA

Il presente studio geologico-tecnico è stato prodotto al fine di ricavare le caratteristiche geologico-geomeccaniche del sito in relazione al “PROGETTO DI RIORGANIZZAZIONE FUNZIONALE SCUOLE SUPERIORI DI SCANDIANO-ADEGUAMENTO FUNZIONALE DEL POLO SCOLASTICO 4°LOTTO”, presso Scandiano (RE).

Lo studio svolto ha contemplato:

- Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico: in esso vengono descritte le formazioni, le litologie presenti nell’area, l’assetto morfologico e la situazione sismico storica;
- Indagini geognostiche eseguite nell’area, costituite da 5 prove penetrometriche statiche e 2 prove penetrometriche dinamiche;
- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo;
- Indagine sismica MASW;
- Prove di laboratorio;
- Ricostruzione stratigrafica ed idrogeologica locale (modello geologico);
- Caratterizzazione meccanica del sottosuolo;
- Analisi esemplificativa sulle fondazioni.

A.1 Normative di riferimento

- Legge n. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

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

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 *Costruzioni in zona sismica*

- D.M. 14 Settembre 2005 *Norme Tecniche per le Costruzioni*

- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1 della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

- D.M. 14 Gennaio 2008. *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*

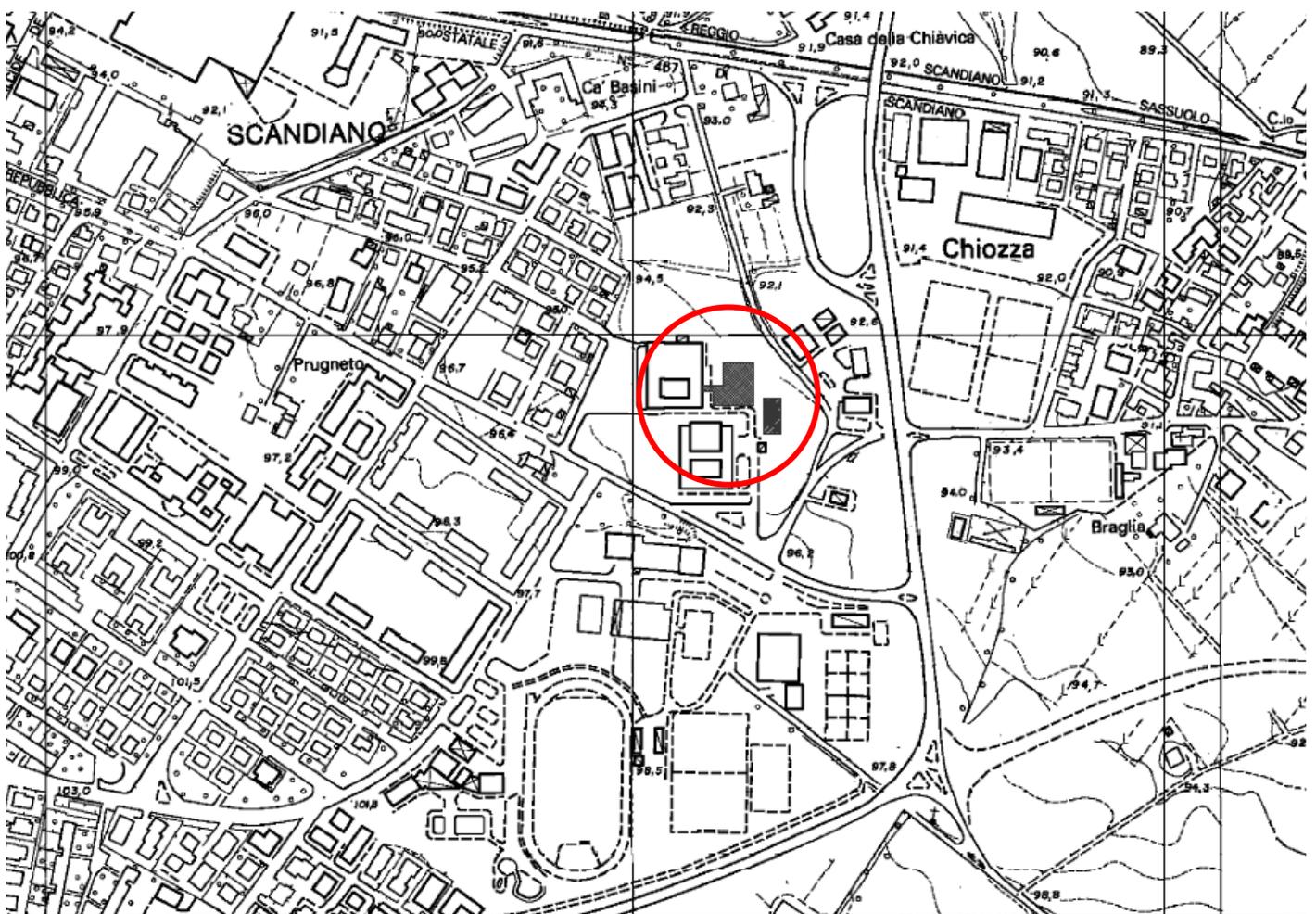
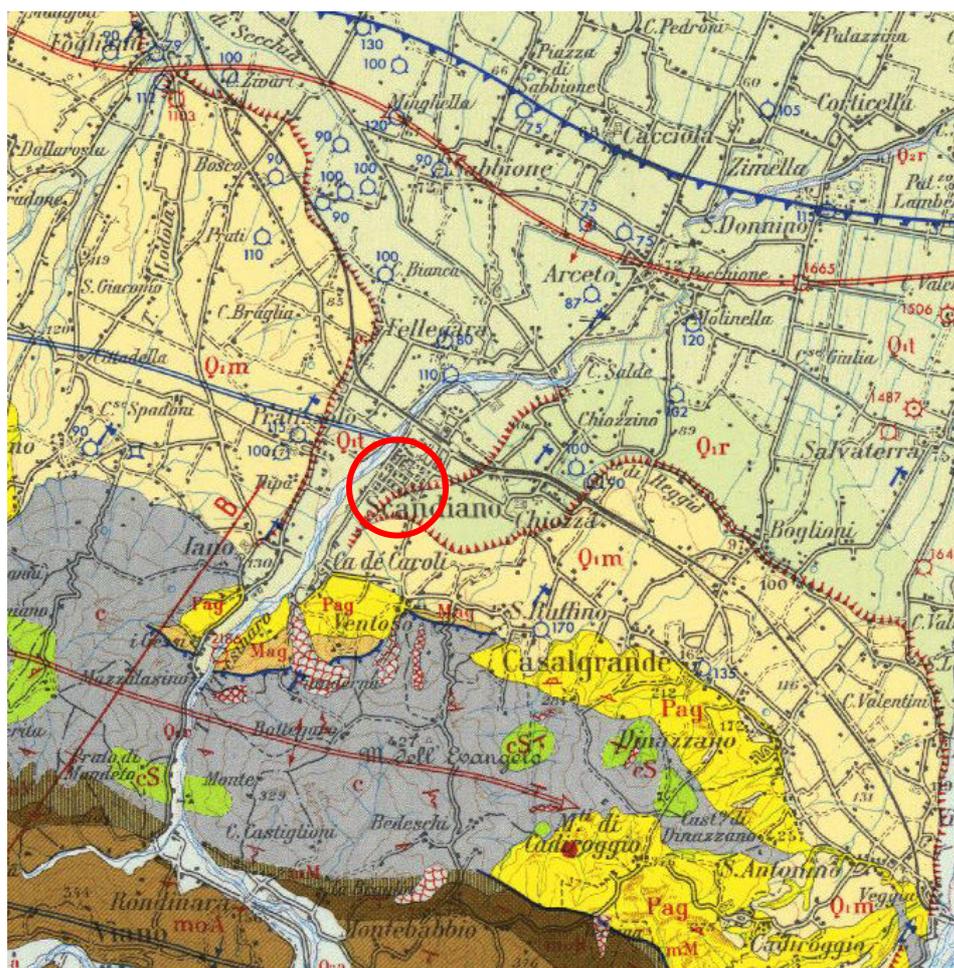


Figura A.1.1. Ubicazione dell'area in esame su CTR non in scala

B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

B.1 Quadro geologico

La zona in esame rientra nel Foglio 86 “Modena” della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 .



LEGENDA

- Q_1^t = Diluvium recente tardivo. Pleistocene recente tardivo - Wurm
- Q_1^r = Diluvium recente. Pleistocene recente - Wurm
- Q_1^m = Diluvium medio. Pleistocene medio - Riss
- Pag = Formazione delle argille grigio-azzurre – Calabriano
- Mag = Formazione delle argille con gessi – Messiniano
- moA = Formazione di Antognola – Oligocene
- cS = Formazione di Serramazzone – Cretaceo Sup
- c = complesso indifferenziato caotico – Cretaceo-eocene

Figura B.1.1. Estratto dalla Carta Geologica d'Italia (Scala 1:100.000, Foglio 86 “Modena”) non in scala.

In particolare l'area è ubicata in una zona caratterizzata dalla presenza di terrazzi fluviali sospesi di 8-15 m sull'alta pianura (Q_1^f) *Diluvium recente*, costituito da ghiaie e sabbie con suolo argilloso bruno, posti ad est e dalle alluvioni ghiaiose con lenti argilloso-sabbiose dell'alta pianura, a suolo prevalentemente bruno, che costituiscono i depositi del *Diluvium recente tardivo* (Q_1^t) a ovest.

La zona in esame rientra nel Foglio 219 "Sassuolo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG).

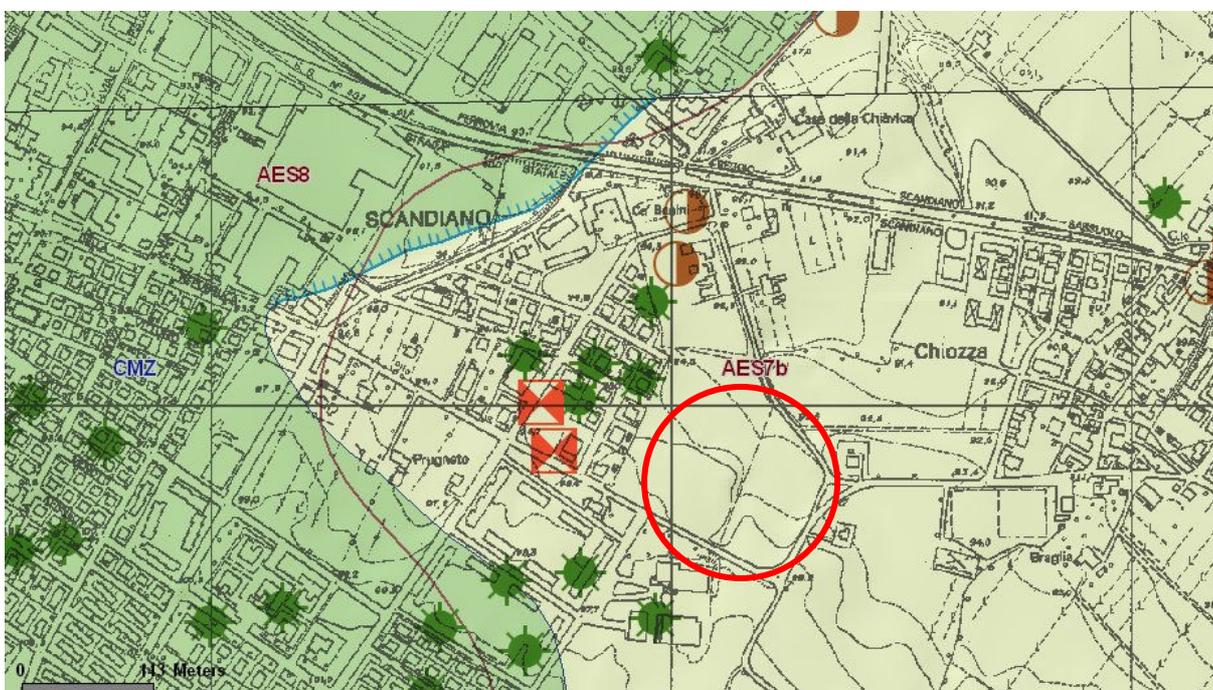


Figura B.1.2. Estratto del Foglio Geologico 219 "Sassuolo" relativo all'area in esame; da Progetto CARG della Regione Emilia Romagna (disponibile sul sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>)

B.2 Stratigrafia

Le unità geologiche affioranti nell'area in esame possono essere raggruppate all'interno del ciclo Quaternario Continentale, denominato Supersistema Emiliano-Romagnolo (equivalente all'Allogruppo Emiliano-Romagnolo di R.E.R., ENI-AGIP, 1998) nel quale sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore della pubblicazione citata) ed un'unità superiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore della pubblicazione citata). Nell'area in esame il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore non è affiorante, mentre sono presenti i depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

B.2.1 Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio-Olocene) è stato suddiviso in cinque subsistemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta infatti di conoidi alluvionali terrazzate, le cui superfici deposizionali relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano un'evoluzione pedostratigrafica differente; in ordine crescente di età si trova:

- * ***Subsistema di Ravenna (AES8)***
- * ***Subsistema di Villa Verucchio (AES7)***
- * ***Subsistema di Agazzano (AES3)***
- * ***Subsistema di Maiatico (AES2)***
- * ***Subsistema di Monterlinzana (AES1)***

Le note illustrative del foglio 219 non sono attualmente disponibili: le descrizioni seguenti sono tratte dalle note illustrative della carta geologica Foglio 199 "Parma sud" disponibile sul sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>, e dalla legenda geologica del comune di Scandiano (banca dati geologica 1:10.000).

B.2.1.1 AES7 - Subsistema di Villa Verucchio

Si tratta di depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi in ambiente intravallivo e allo sbocco dei corsi d'acqua in pianura; lateralmente limi prevalenti con subordinate ghiaie e sabbie. La base è discordante su AES6 o su unità più antiche.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, il Subsistema di Villa Verucchio viene suddiviso in due unità, in gran parte a limiti inconformi, separate in affioramento da scarpate fluviali alte fin oltre dieci metri.

Queste unità sono state tentativamente correlate lungo tutto il margine appenninico padano dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, utilizzando decine di datazioni radiometriche. Potenza fino a 50 metri circa.

B.2.1.1.1 AES7b - Unità di Vignola

L'unità di Vignola è costituita da ghiaie con matrice limo-sabbiosa in prossimità dei torrenti e fiumi principali, passanti distalmente e lateralmente a limi e limi sabbiosi. Si tratta di depositi fluviali intravallivi e di conoide passante lateralmente a interconoide e distalmente a piana inondabile.

La scarpata fluviale che la separa dal Subsistema di Ravenna raggiunge l'altezza massima di 20 m.

La litofacies ghiaiosa è costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, ricoperti da una coltre limoso argillosa discontinua. La litofacies fine è invece costituita da limi, limi argillosi e limi sabbiosi con localmente intercalazioni lenticolari di ghiaie.

Il fronte di alterazione del tetto è di discreto spessore (1,5 - 2,0 m) e sono presenti suoli non calcarei, talora con evidenze di accumulo di argilla illuviale. Il profilo è differenziato in orizzonti A-Bw-BC-C e A-Bt-BCK-C; Hue degli orizzonti Bw e Bt 5YR. Il colore rossastro è connesso alla cristallizzazione degli ossidi di Fe prodotti dai processi di alterazione.

Potenza fino a oltre 20 m. Età Pleistocene sup. – Olocene basale

B.2.2 Supersistema del Quaternario Marino

Stratigraficamente sottostante al Sistema Emiliano-Romagnolo superiore (AES) affiora il Supersistema del Quaternario Marino. L'unità è costituita da depositi paralici e marini, giacenti al di sopra di una superficie di discontinuità regionale. L'età è Pliocene superiore - Pleistocene inferiore.

L'unità è suddivisa in due sistemi: Sistema di Costamezzana (CMZ) e Sistema del Torrente Stirone (ATS). Nell'area la cartografia regionale individua la presenza sotto le alluvioni dell'AES7 il Sistema di Costamezzana (CMZ).

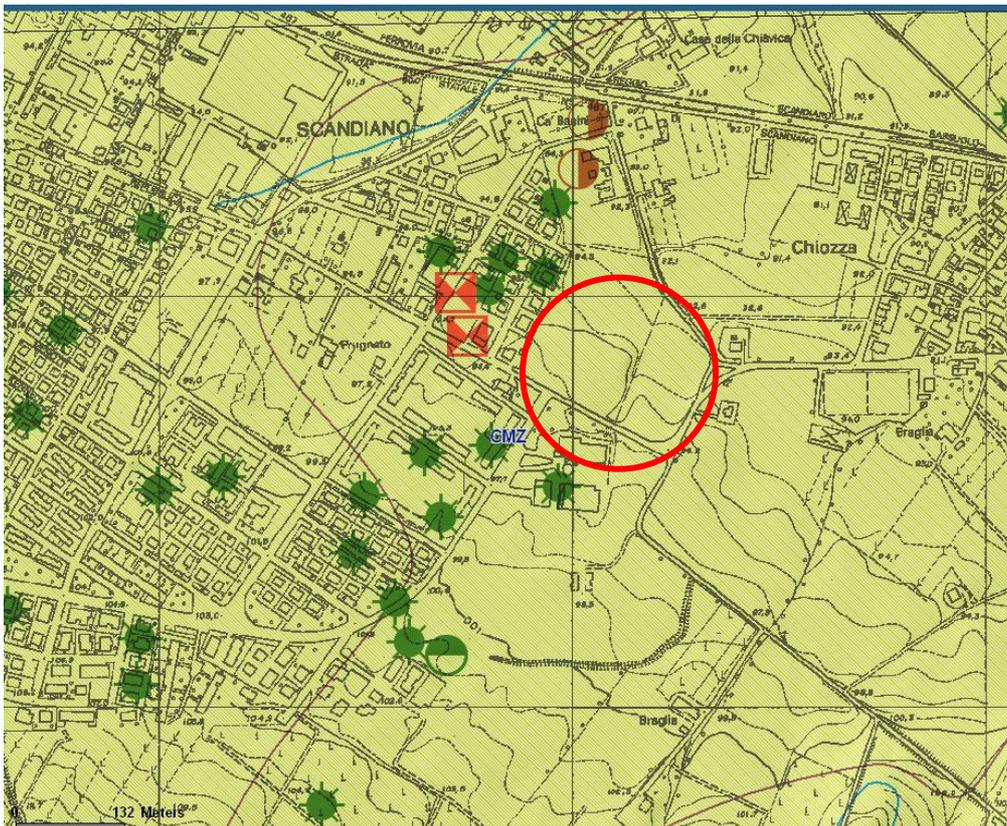


Figura B.2.1. Estratto del Foglio Geologico 219 "Sassuolo" relativo all'area in esame; da Progetto CARG della Regione Emilia Romagna (disponibile sul sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>). Substrato marino. Subsistema di Costamezzana CMZ.

B.2.2.1 CMZ- Sintema di Costamezzana

Il CMZ non affiora nell'abitato di Scandiano in quanto coperto da alcuni metri di depositi alluvionali e continentali. E' altresì molto sviluppato nel sottosuolo dell'intero abitato di Scandiano.

L'unità è costituita da corpi metrici lenticolari di ghiaie, raramente gradate, amalgamate con matrice sabbiosa e clasti pelitici anche di grandi dimensioni (metrici), *sabbie medie o fini* ben selezionate con localmente sviluppo di stratificazione obliqua, laminazione piano-parallela, HCS. Intercalazioni lenticolari di ghiaie fini e medie in matrice sabbiosa. Argille e limi grigio-nerastri fossiliferi e bioturbati, frustoli vegetali. Le facies sono interpretate come depositi di *fan-delta* e di ambienti marino-marginali e continentali. Il contatto basale è erosivo o netto e discordante su ATS e BAD. L'età è del Pleistocene inferiore-medio e lo spessore massimo in affioramento è compreso tra i 40 e i 50 metri.

B.3 Carta degli elementi geologici del sottosuolo-PTCP Reggio Emilia 2007

Nella carta degli elementi geologici del sottosuolo, allegato 6 geologia e geomorfologia del PTCP di Reggio Emilia (2007), si osserva come l'area in esame sia caratterizzata dalla presenza di ghiaie Pleistoceniche sepolte. Le isobate indicano una quota del tetto delle ghiaie superiore a 90 m s.l.m.

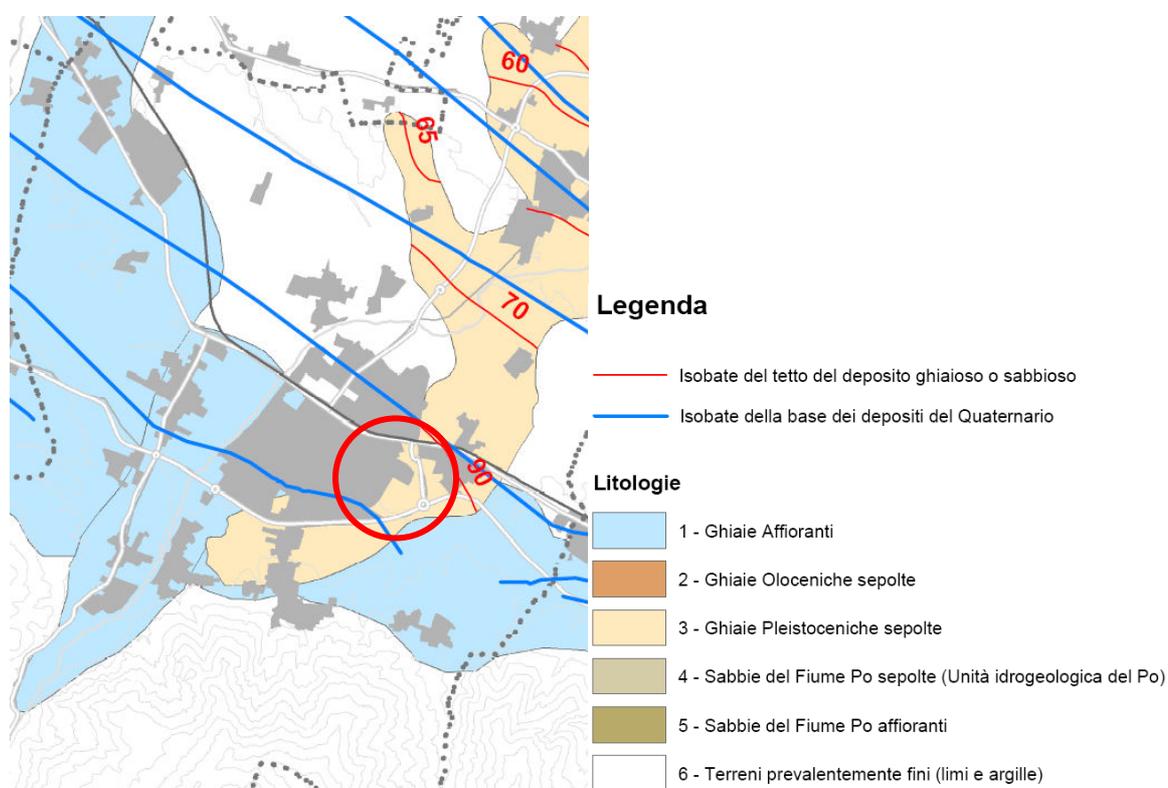


Figura B.3.1. Estratto da PTCP Reggio Emilia 2007 – Allegato 6 Geologia e geomorfologia – Carta degli elementi geologici del sottosuolo.

B.4 Zonizzazione sismica

Per valutare la pericolosità sismica si fa riferimento alle disposizioni regionali e nazionali. La Regione Emilia-Romagna, nella delibera della Giunta Regionale n. 1677 del 24 Ottobre 2005 “Prime indicazioni applicative in merito al decreto Ministeriale 14 Settembre 2005 (Pubblicato sul supplemento ordinario n.159 alla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23 settembre 2005) recante ‘Norme Tecniche per le

costruzioni” stabilisce quanto segue “Nel silenzio del Decreto Ministeriale, si deve ritenere che a decorrere dal 23 ottobre 2005 continui a trovare applicazione la classificazione sismica di tutti i Comuni della Regione, stabilità, in via di prima applicazione, ai sensi del punto 3. dell’Allegato 1 all’Ordinanza n.3274/2003”

Nell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 il Comune di Scandiano viene classificato in **zona 3**.

Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale.

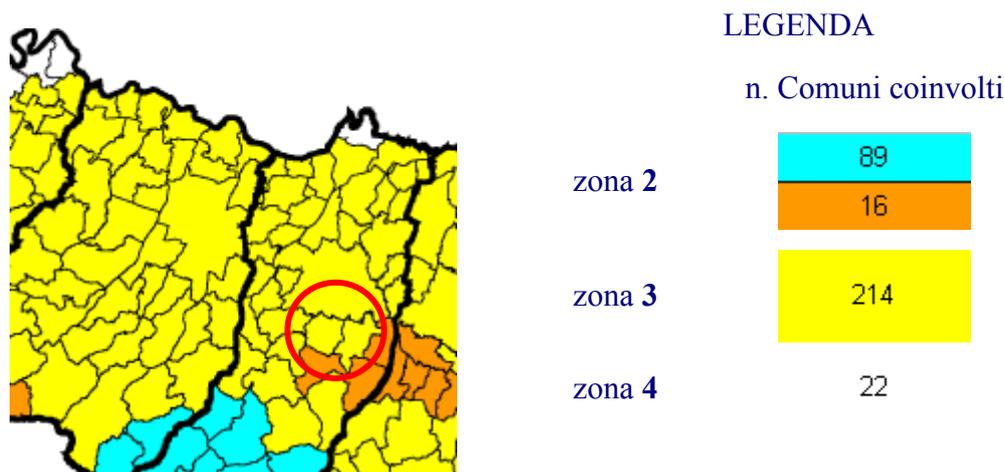


Figura B.4.1. Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna in base all’Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003, il n° di comuni si riferisce all’intero territorio regionale.

Nelle norme tecniche allegate all’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Nelle classificazioni definite dai decreti emessi fino al 1984 la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S; nella classificazione proposta dal Gruppo di Lavoro del 1998 vennero invece proposte tre categorie sismiche (prima, seconda e terza) ed una categoria per i comuni Non Classificati, la nuova classificazione (*Ordinanza del PCM n.3274/2003*) prevede invece la suddivisione in quattro zone numerate da 1 a 4. Nello schema seguente si riporta la corrispondenza tra le diverse classificazioni.

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
S = 12	Prima categoria	Zona 1
S = 9	Seconda categoria	Zona 2
S = 6	Terza categoria	Zona 3
Non classificato	Non classificato	Zona 4

Nella già citata delibera della Giunta Regionale n. 1677 del 24 Ottobre 2005 in riferimento ai valori di accelerazione di picco orizzontale e grado sismicità si riporta quanto segue:

2.3 La prima fase applicativa della normativa e classificazione sismica

Anche per la normativa tecnica prevista dal Decreto ministeriale è stabilita una fase di prima applicazione, della durata di 18 mesi a decorrere dal 23 ottobre 2005. Per tale periodo è data la facoltà agli interessati di applicare, in alternativa, o la normativa tecnica prevista dal Decreto ministeriale, ovvero la normativa precedente sulla medesima materia di cui alla legge n. 1086/1971 e alla legge n. 64/1974 e ai relativi decreti di attuazione. Si osserva che, a differenza della analoga fase transitoria di applicazione dell'Ordinanza n. 3274/2003 (che si conclude il 23 ottobre 2005), il soggetto interessato non potrà fare riferimento alla precedente classificazione sismica (potendo in tal modo sottrarsi all'osservanza della normativa tecnica per le zone sismiche, in quanto a buona parte dei Comuni della Regione Emilia-Romagna in precedenza non era stato assegnato alcun grado di sismicità) ma potrà soltanto scegliere quale normativa tecnica applicare, sempre avendo riguardo alla nuova classificazione sismica del Comune.

2.4 Valori di accelerazione di picco orizzontale e grado di sismicità

La possibilità di continuare ad applicare la sopra elencata normativa tecnica previgente, per un periodo di 18 mesi (a partire dal 23 ottobre 2005), richiede però una precisazione per quanto attiene alle diverse zone sismiche nelle quali sono classificati i Comuni, in prima applicazione, secondo quanto riportato nell'Allegato B della presente delibera.

A ciascuna zona, pur se non individuata secondo il criterio di cui al punto 2 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza n. 3274/2003, risulta assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed in particolare, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a: 0,35 (per la zona 1); 0,25 (per la zona 2); 0,15 (per la zona 3) e 0,05 (per la zona 4).

Siccome il D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" considera invece valori differenziati del "grado di sismicità" ($S = 12$ o 9 o 6), da prendere a base per la determinazione delle azioni sismiche, in rapporto a tre ipotetiche zone a sismicità decrescente ("alta", "media" e "bassa") con le quali risulti classificato un determinato territorio, ne consegue la necessità di procedere ad una interpretazione che consenta di utilizzare la classificazione di cui all'allegato B della presente delibera, assegnando una corrispondenza con i suddetti gradi di sismicità. Pertanto, confermando a tal fine un precedente indirizzo già assunto con altra delibera della Giunta regionale n. 2329/2004, per l'utilizzo del D.M. 16 gennaio 1996 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche vanno considerate le specifiche di "sismicità media" ($S = 9$) per i Comuni in "zona 2" e di "sismicità bassa" ($S = 6$) per i Comuni sia in "zona 3" che in "zona 4".

Naturalmente, in alternativa, anche nel primo periodo di 18 mesi (a partire dal 23 ottobre 2005), è possibile usare le "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto ministeriale con relativa scelta di un codice applicativo di dettaglio tra quelli indicati nel capitolo 12 (Referenze tecniche essenziali) delle stesse norme tecniche.

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/08 sono state approvate le *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* (G.U. n°29 del 04/02/08); le "Nuove norme tecniche per le costruzioni" sono in vigore, a partire dal 5 marzo 2008, contestualmente alla norma transitoria che, fino al 30 giugno 2009 (Art 20 L.31 del 28 febbraio 2008), dà la possibilità di operare – in alternativa – con le norme tecniche precedenti, a parte le eccezioni di esclusiva competenza statale, di cui agli elenchi A e B dell'allegato 1 al decreto 21 ottobre 2003 del Capo del DPC.

"Art.20. – (Regime transitorio per l'operatività della revisione delle norme tecniche per le costruzioni). –1. Il termine di cui al comma 2-bis dell'articolo 5 del decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186, già prorogato il 31 dicembre 2007, ai sensi dell'articolo 3, comma 4-bis, del decreto-legge 28 dicembre 2006, n.300,

convertito, con modificazioni, dalla legge 26 febbraio 2007, n.17, è differito al 30 giugno 2009.

... omissis...”

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella figura seguente e disponibile sul sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006; è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1, punto m.

In tale cartografia il comune di Scandiano ricade in una zona con accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat .A) compresa tra 0.150 e 0.175g.

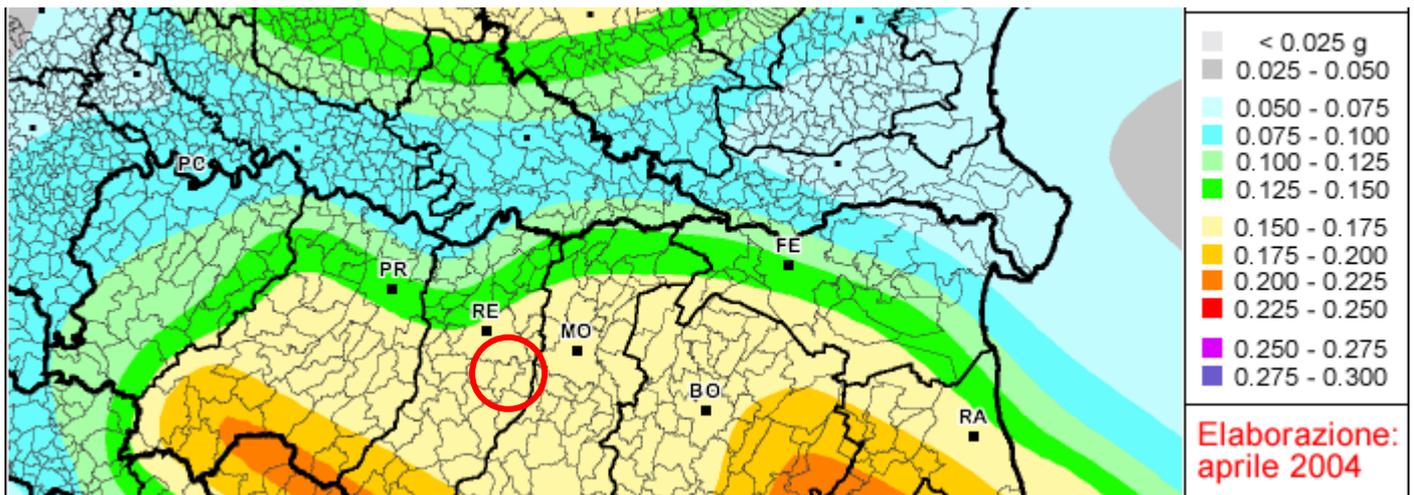


Figura B.4.2. Estratto da “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” riferimento Ordinanza del 20 marzo 2003 n.3274 All.1. espressa in termine di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat .A .All.2.3.1).

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/08 sono state approvate le *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* (G.U. n°29 del 04/02/08) nelle quali è presente un allegato relativo alla pericolosità sismica del territorio nazionale, in particolare è fornita la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> . Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale,

in funzione dei tre parametri a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno), 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).

Nell'Allegato B delle NTC sono riportati i valori di a_g , F_o , T_c^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento.

Poiché l'area in esame non ricade precisamente su uno di tali punti i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento attraverso la seguente espressione:

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

dove p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame; p_i è il valore del parametro di interesse nell' i esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame; d è la distanza del punto in esame dall' i esimo punto della maglia suddetta.

Nella tabella seguente sono riportati i valori relativi ai principali nodi che includono l'area in esame.

ID	LON	LAT	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
			a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*
16277	10.683	44.602	0.512	2.48	0.25	0.638	2.49	0.26	0.749	2.47	0.27	0.865	2.46	0.27	0.998	2.45	0.28	1.171	2.42	0.28	1.622	2.38	0.29	2.051	2.38	0.30	2.676	2.44	0.31
16278	10.753	44.603	0.509	2.48	0.25	0.633	2.49	0.27	0.744	2.47	0.27	0.859	2.46	0.27	0.999	2.43	0.28	1.174	2.40	0.28	1.636	2.35	0.29	2.065	2.36	0.31	2.696	2.44	0.32
16499	10.685	44.552	0.525	2.48	0.25	0.654	2.49	0.26	0.762	2.48	0.27	0.879	2.47	0.27	1.004	2.47	0.28	1.171	2.44	0.28	1.609	2.43	0.29	2.023	2.44	0.29	2.626	2.49	0.31
16500	10.755	44.553	0.522	2.48	0.25	0.650	2.49	0.26	0.760	2.48	0.27	0.877	2.46	0.28	1.009	2.45	0.28	1.179	2.43	0.28	1.623	2.40	0.29	2.044	2.41	0.30	2.655	2.47	0.31

Tabella B.1 Estratto dall'Allegato B delle NTC (2008) dove l'accelerazione a_g è espressa in $g/10$, F_o è dimensionale e T_c è espresso in secondi.

Nell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-

Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” nella tabella 2 dell’allegato 4°, sono riportati i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, espressa in frazione dell’accelerazione di gravità g (a_{refg}) per ogni comune della regione Emilia-Romagna. In particolare per il Comune di Scandiano viene fornito un valore di $a_{refg} = \mathbf{0.162\ g}$.

Nella zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004) l’area in esame si trova all’interno della zona sismogenetica **913**; in questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi. L’intera fascia 913-914-918 è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo si tratta inoltre di terremoti con profondità efficace compresa tra 12-20 Km.

Nel “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani” (Gruppo di lavoro CPTI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 -CPTI04 - INGV, Bologna, disponibile nel sito www.emidius.mi.ingv.it/CPTI) per un intorno significativo dell’area in esame (un raggio di 30 Km con centro lat. 44.597 e long. 10.69) sono stati identificati 39 eventi significativi dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (44.597, 10.69) e raggio 30 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
5	DI	-91						Modena-Reggio Emilia	CFTI	3	85	80		44.65	10.78	A	5.66	0.17		5.53	0.25		5.53	0.25	913	G	24	5	
53	DI	1249	9		16	30		Modena	CFTI	4	75	65	M	44.65	10.93	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	912	G	115	595	53
90	DI	1345	1	31				CASTELNUOVO	DOM	1	55	55		44.81	10.564	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	A		596	90
160	DI	1465	4	15	14	40		Reggio Emilia	CFTI	6	65	65		44.7	10.63	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	913	G	192	600	160
171	DI	1474	3	11	20	30		MODENA	DOM	12	60	60		44.647	10.925	A	4.89	0.17		4.39	0.26		4.61	0.24	912	G		601	171
195	DI	1501	6	5	10			Appennino modenese	CFTI	19	90	85	M	44.52	10.85	A	5.85	0.11		5.82	0.16		5.82	0.16	913	G	204	602	195
242	DI	1547	2	10	13	20		Reggio Emilia	CFTI	13	80	70	M	44.7	10.63	A	5.21	0.25		4.86	0.37		5.05	0.34	913	G	223	603	242
279	CP	1586	1	12	12			SPLAMBERTO	POS85			60		44.583	11		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		605	279
281	DI	1591	5	24				REGGIO EMILIA	DOM	4	60	60		44.697	10.631	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		606	281
304	DI	1608	1	6				REGGIO EMILIA	DOM	2	60	60		44.697	10.631	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		607	304
362	DI	1660						MODENA	DOM	1	55	55		44.647	10.925	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	G		609	362
374	DI	1671	6	20				RUBIERA	DOM	13	70	70		44.709	10.814	A	5.34	0.15		5.06	0.22		5.23	0.20	912	G		610	374
703	DI	1806	2	12				NOVELLARA	DOM	28	70	70		44.862	10.671	A	5.26	0.16		4.93	0.24		5.11	0.22	912	A		875	703
720	DI	1811	7	15	22	44		SASSUOLO	DOM	21	70	70		44.572	10.728	A	5.24	0.19		4.91	0.28		5.09	0.26	913	G		614	720
791	DI	1831	9	11	18	15		Reggiano	CFTI	24	75	75		44.75	10.55	A	5.48	0.13		5.27	0.19		5.43	0.18	912	G	378	616	791
798	DI	1832	3	13	3	30		Reggiano	CFTI	93	75	75		44.77	10.47	A	5.59	0.07		5.43	0.10		5.57	0.10	913	G	382	617	798
871	DI	1850	9	18	6	10		MODENA	DOM	7	60	60		44.614	10.965	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	912	G		618	871
906	DI	1857	2	1				PARMENSE	DOM	22	65	65		44.749	10.48	A	5.26	0.12		4.94	0.18		5.12	0.17	913	G		619	906
966	CP	1869	12	13	2	53		SERRAMAZZONI	POS85		65			44.5	10.75		5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	913	G		620	966
984	DI	1873	5	16	19	35		REGGIANO	DOM	15	65	65		44.612	10.701	A	5.13	0.20		4.74	0.29		4.93	0.27	913	G		621	984
1190	CP	1892	5	17	3	8	15	CARPINETI	POS85		60			44.45	10.517		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		581	1190
1385	DI	1904	2	25	18	47	50	Reggiano	CFTI	62	70	60		44.48	10.63	A	5.13	0.07		4.75	0.11		4.94	0.10	913	G	461	624	1385
1504	CP	1909	3	18	2	51	52	CARPINETI	POS85		60			44.5	10.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		625	1504
1622	DI	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	DOM	30	65	60		44.732	10.469	A	5.01	0.08		4.57	0.12		4.78	0.11	913	G		626	1622
1739	DI	1923	6	28	15	12		FORMIGINE	DOM	22	60	60		44.595	10.799	A	5.21	0.05		4.86	0.08		5.05	0.07	913	G		627	1739
1784	DI	1926	6	28	21	15		REGGIANO	DOM	3	40	40		44.488	10.487	A	4.61	0.11		3.97	0.16		4.22	0.15	913	G		628	1784
1808	DI	1928	6	13	8			CARPI	DOM	35	70	65		44.797	10.872	A	4.85	0.09		4.32	0.13		4.54	0.12	912	G		884	1808
1843	CP	1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	POS85		60			44.6	10.6		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		629	1843
1859	DI	1931	6	10	17	2		MODENESE	DOM	14	40	40		44.541	11.021	A	4.84	0.09		4.31	0.13		4.54	0.12	913	G		630	1859
1897	DI	1934	9	18	9	37		VIGNOLA	DOM	6	40	40		44.495	11.012	A	4.50	0.14		3.80	0.21		4.06	0.19	913	G		631	1897
2047	DI	1950	5	6	3	43		REGGIANO	DOM	4	40	40		44.731	10.67	A	4.46	0.14		3.74	0.21		4.01	0.19	912	G		635	2047
2060	DI	1951	10	29	22	48		VALLE DEL PANARO	DOM	3	50	50		44.458	10.989	A	4.60	0.14		3.96	0.21		4.21	0.19	913	G		636	2060
2230	CP	1967	4	3	16	36	18	CORREGGIO	POS85		55			44.48	10.75		4.71	0.08		4.12	0.12		4.36	0.11	912	G		886	2230
2231	CP	1967	5	15	10	3	34	S.POLO	POS85		60			44.6	10.4		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		637	2231
2237	CP	1967	10	1	22	45	45	FORMIGINE	POS85		50			44.567	10.95		4.52	0.20		3.83	0.29		4.09	0.27	913	G		638	2237
2278	CP	1970	5	3	4	17	41	S.POLO	POS85		60			44.633	10.383		4.80	0.21		4.26	0.31		4.49	0.29	913	G		639	2278
2456	DI	1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	DOM		803	60	60	44.797	10.697	A	5.05	0.07		4.79	0.08		4.98	0.08	912	G		9020	2460
2509	DI	1996	10	15	9	55	60	CORREGGIO	INGVAM	135	70	70		44.782	10.683	A	5.44	0.18		5.09	0.04		5.26	0.04	912	G			
2534	CP	2000	6	18	7	42	8	REGGIANO	OFTEP					44.786	10.746		4.46	0.18		4.17	0.18		4.41	0.16	912	G			

Numero di record estratti: 39

N	numero d'ordine	(I4)	Lat	Localizzazione epicentrale:	latitudine in gradi e decimali	(A6)
Tr	tipo di record (indica se esistono dati di base)	(A2)	Lon		longitudine in gradi e decimali	(A6)
Anno	tempo origine:	(I4)	TL		codice di localizzazione	(A1)
Me	mese	(I2)	Me	magnitudo:	magnitudo equivalente	(I3)
Gi	giorno	(I2)	De		errore associato alla stima di Me	(I2)
Or	ora	(I2)	Mm		magnitudo macrosismica	(I3)
Mi	minuto	(I2)	Dm		errore associato alla stima di Mm	(I2)
Se	secondo	(I2)	Tm		codice di determinazione di Mm	(A1)
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti	(A20)	Ms		magnitudo strumentale	(I3)
Rt	codice bibliografico dell'elaborato di riferimento	(A6)	Ds		errore associato alla stima di Ms	(I2)
Np	numero dei punti di intensità	(I4)	Ts		codice di determinazione di Ms	(A1)
Imx	intensità massima (scala MCS)	(I3)	Ma		magnitudo media pesata	(I3)
Io	intensità epicentrale (scala MCS)	(I3)	Da		errore associato alla stima di Ma	(I2)
TI	codice di determinazione Io	(A1)	Nnt	codice di aggancio: numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1		(I4)
Ncft	codice di aggancio: numero progressivo dei record nel catalogo CFTI 2	(I3)				

Tabella B.2. Estratto dal Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI4), terremoti con epicentro compreso in un raggio di 30Km dal centro abitato di Scandiano.

Per quanto riguarda l'analisi sismica, all'interno del PTCP di Reggio Emilia sono contenute, nell'allegato 6 Geologia e Geomorfologia, la Carta delle aree suscettibili ad effetti locali e la carta degli effetti attesi. Nella prima si evidenzia come l'area in esame ricada in terreni caratterizzati dalla presenza di limi e argille (peliti) di piana alluvionale come litologia superficiale.

Nella carta degli effetti attesi, l'area ricade nella classe 9 per la quale sono previsti amplificazione stratigrafica e potenziali cedimenti.

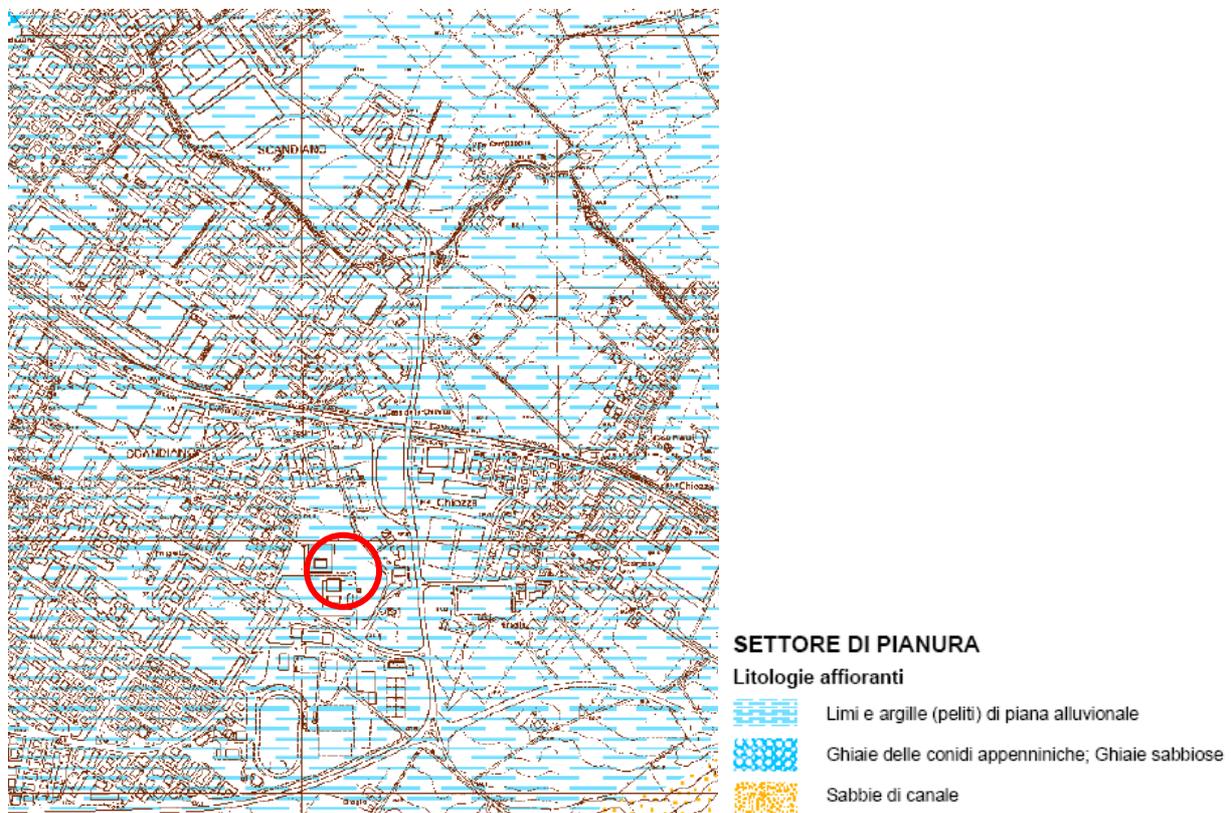
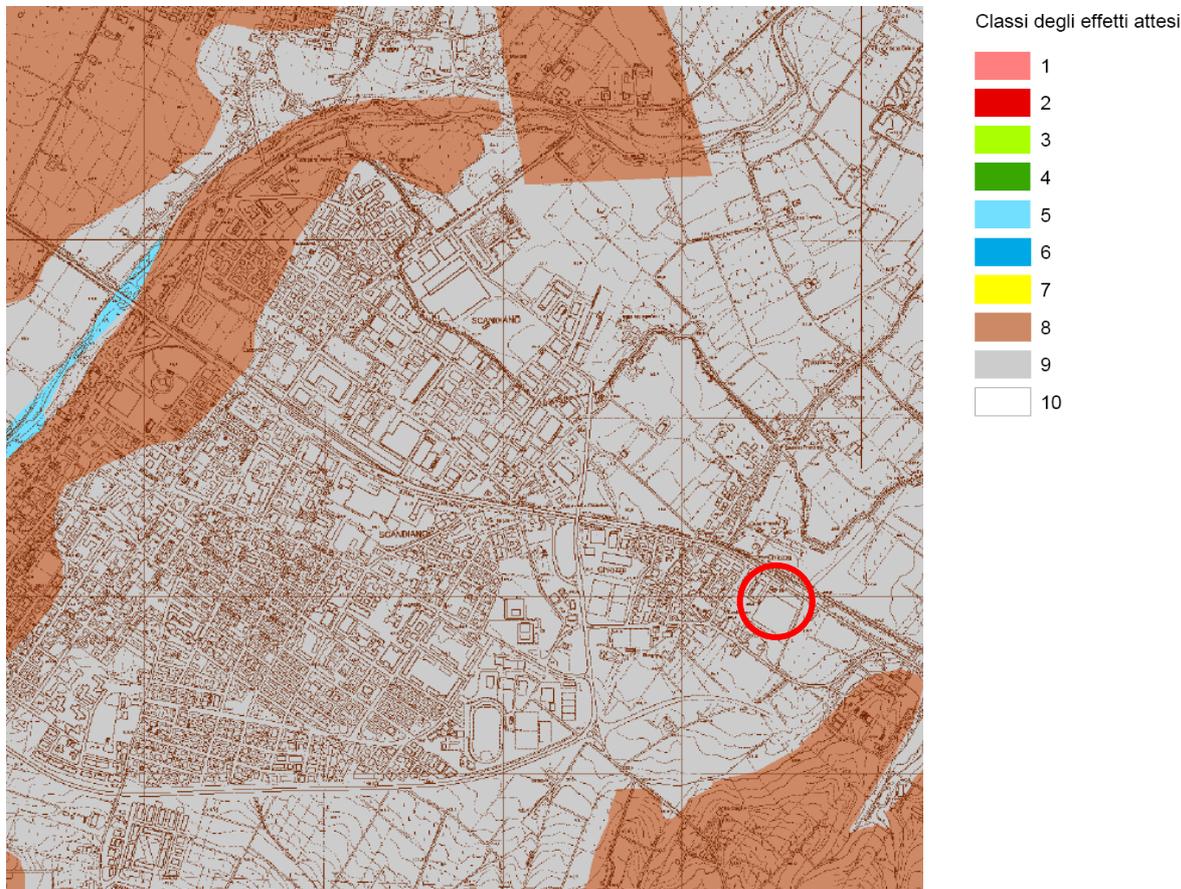


Figura B.4.3. Estratto da PTCP Reggio Emilia 2007 – Allegato 6 Geologia e geomorfologia – Carta delle aree suscettibili ad effetti locali.



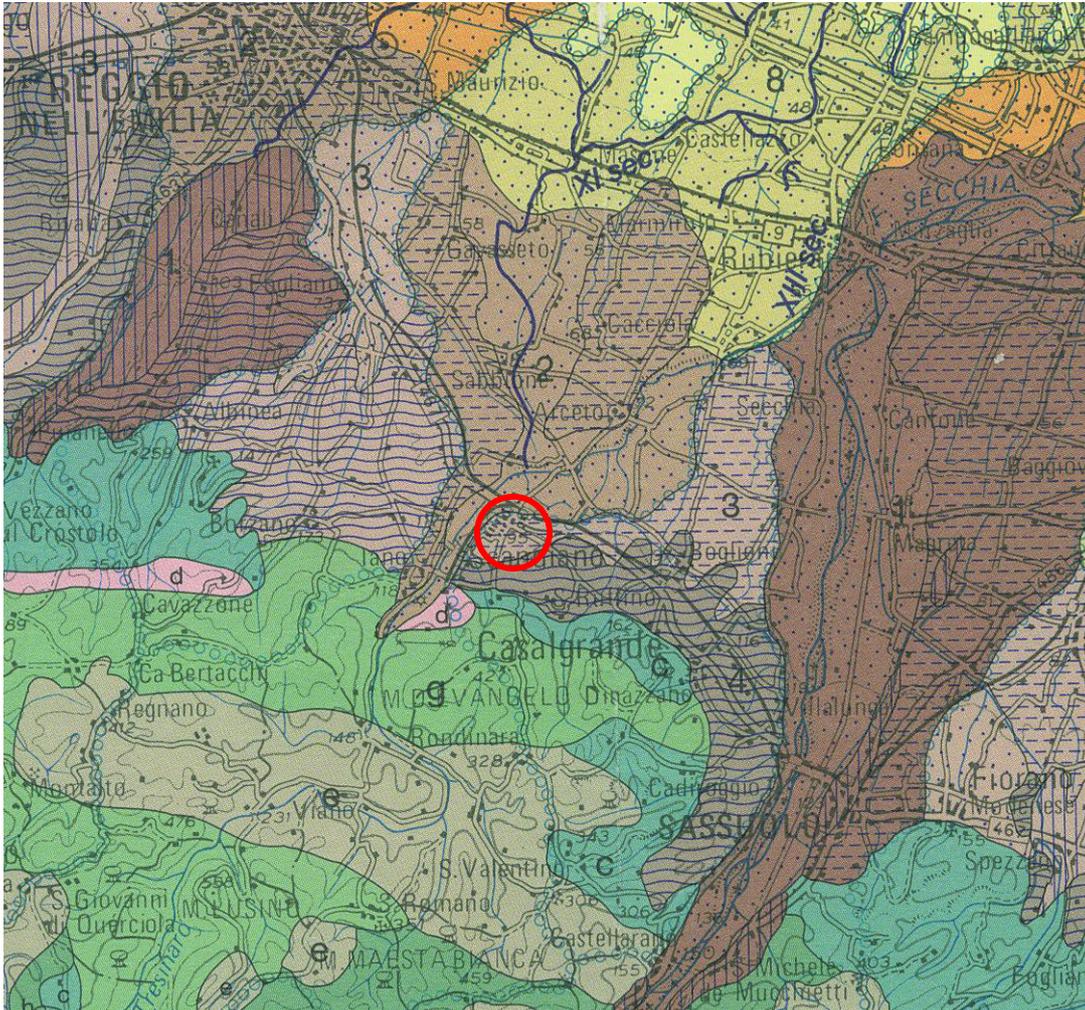
		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	1	X		X		
	2	X	X	X		
	3	X		X (potenziale)		
	4	X	X	X (potenziale)		
	5	X				
	6	X	X			
	7		X			
	8	X				X
	9	X			X (potenziale)	
	10					

Figura B.4.4. Estratto da PTCP Reggio Emilia 2007 – Allegato 6 Geologia e geomorfologia – Carta degli effetti attesi.

B.5 Aspetti geomorfologici

Dal punto di vista morfologico l'area è, in prevalenza, il risultato dell'azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale e dall'attività antropica. Il comune di Scandiano è ubicato in destra idrografica del Torrente Tresinaro, che rappresenta l'elemento idraulico principale della zona.

Nella Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna (1999) l'area in studio è l'area è caratterizzata da depositi alluvionale di conoide e terrazzi alluvionale costituiti da limi e argille in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari, con al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione. In particolare, dal punto di vista pedostratigrafico per l'area in esame si tratta di depositi a basso grado di alterazione con fronte >1m (100-150 cm). Al tetto si trovano suoli con orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati con differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bk-C (HUE degli orizzonti B 2,5Y-10YR). Nelle porzioni dell'unità costituite da depositi prevalentemente fini, il fronte di alterazione può raggiungere 3-4 m ed è costituito da più suoli sovrapposti, saldati o distinti con differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bk-(C)-Ab-Bwb-Cb (HUE degli orizzonti B 2.5Y-10YR). All'interno dei suoli si ritrovano reperti dal Mesolitico all'età Romana.



- 1 Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto all'interno suoli a diverso grado di evoluzione
- 3 Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione
- 4 Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi. Depositi alluvionali indifferenziati
- 5 Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione
- 6 Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione
- 9 Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude
- 10 Sabbie medie e grossolane subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi e limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico. Depositi di piana a meandri. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

Figura B.5.1. Estratto dalla Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna.

Nella carta degli elementi fisico morfologici, allegato 6 Geologia e Geomorfologia del PTCP di Reggio Emilia, si individuano come litologia di superficie limi ed argille. Per quanto riguarda il reticolo idrografico di segnala ad est dell'area in esame la presenza del Rio Braglia.

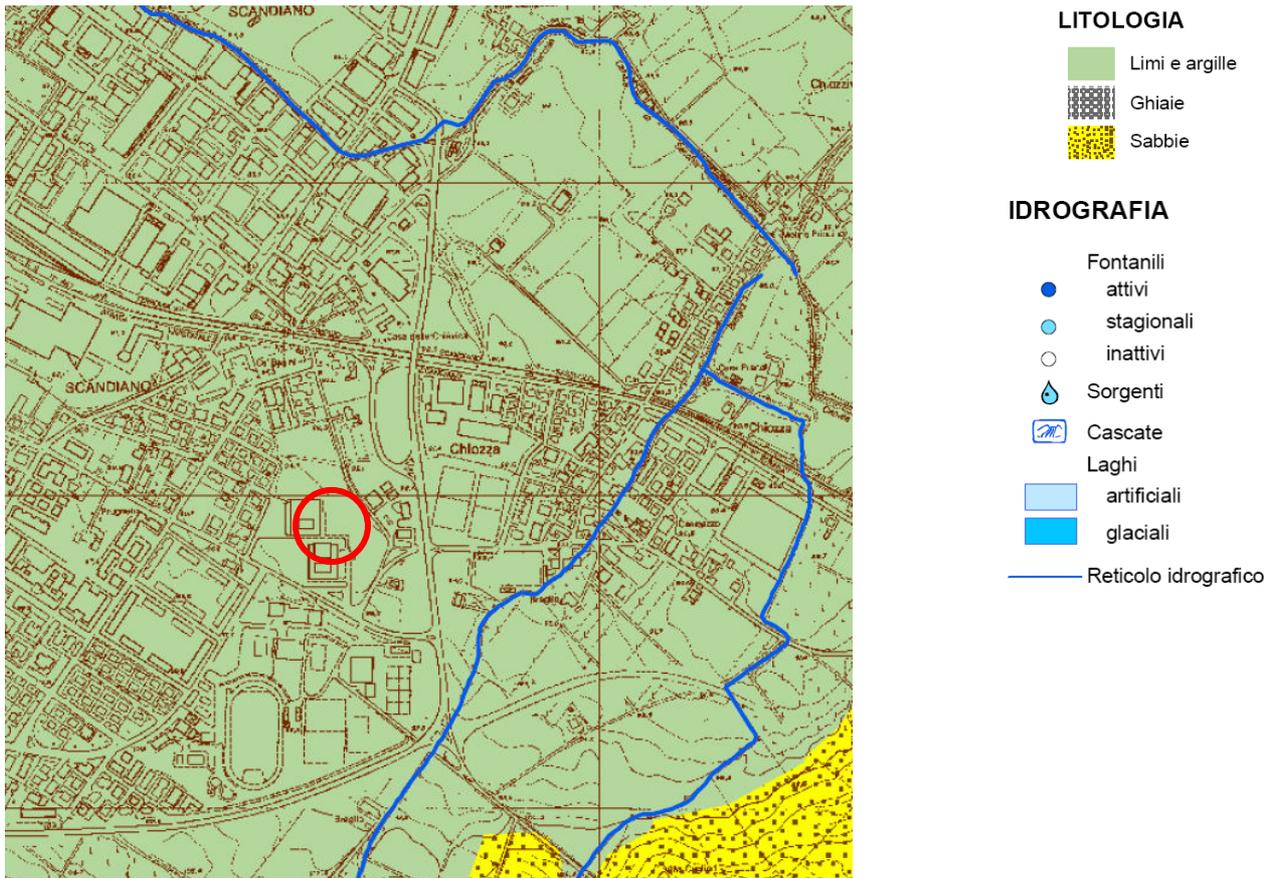


Figura B.5.2. Estratto PTCP Reggio Emilia 2007 – Allegato 6 Geologia e geomorfologia – Carta degli elementi fisico geomorfologici.

L'area del polo scolastico è interessata da un accumulo di riporti a granulometria fine dello spessore di 1.5-2.0 m. Nella zona nord orientale è presente un piccolo impluvio con dislivello di 1.5-2.0. Dal punto di vista planimetrico l'area si presenta subpianeggiante con un dislivello tra il settore sud ed il settore nord di circa 1.0 con le zone più alte poste a sud – ovest.

B.6 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi

La situazione idrogeologica dell'area documentata come il sito in esame sia ubicato in una zona di ricarica del gruppo acquifero A, caratterizzata da suoli ondulati molto profondi a permeabilità lenta con temporanee condizioni di saturazione idrica e stagionalmente soggetti a moderato rischio d'incrostamento superficiale (elevata è la capacità d'infiltrazione per fessurazione nella stagione secca). La situazione idrogeologica dell'area documentata come il sito in esame sia ubicato in una zona di ricarica del gruppo acquifero A con uno spessore cumulativo dei depositi porosi permeabili tra 0 e 20 m e con una profondità del limite basale tra 0 e 100 m s.l.m. Il Gruppo acquifero A nella zona è in continuità, verso il basso, con il Gruppo Acquifero C (sabbie del CMZ).

B.6.1 La piezometria

Lo studio dei dati piezometrici relativi all'area in esame ha tenuto in considerazione dati provenienti da differenti fonti: sono stati considerati i dati della “*Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento – alta pianura reggiana tra T. Crostolo e F. Secchia*” (1992) e i dati rilevati in occasione di prove geognostiche eseguite nei pressi dell'area di studio.

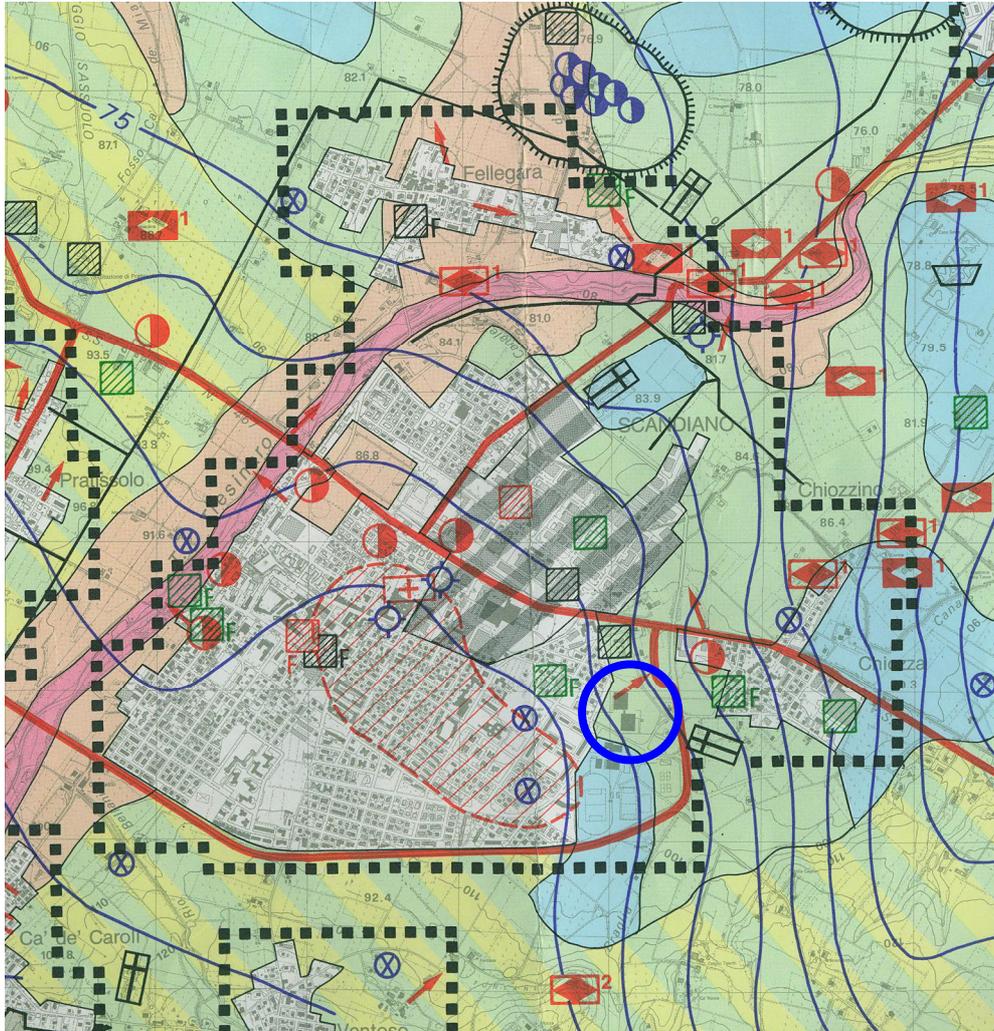
Nella “*Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento – alta pianura reggiana tra T. Crostolo e F. Secchia*” sono riportate le isopieze riferite al livello del mare con equidistanza di 1 m rilevate nel maggio 1991. L'area in esame presenta un livello piezometrico compreso tra 80 e 85 m s.l.m.

Durante l'esecuzione delle prove geognostiche eseguite ai fini del presente studio è stata rilevata la presenza di acqua alla profondità di:

Sondaggio S1 = soggiacenza 5.45 m dal pc

Sondaggio S2 = soggiacenza 5.50 m dal pc

Non si esclude la possibilità che durante eventi meteorici occasionali o in corrispondenza di periodi particolarmente piovosi il livello piezometrico possa risalire a quote più elevate approssimandosi a piano campagna.



GRADO DI VULNERABILITÀ						LITOLOGIA DI SUPERFICIE	PROFONDITÀ TETTO GHIAIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO
E _e	E	A	M	B	B _b			
						Argilla	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
						Limo-argilla	> 10 m	Falda in pressione
						Sabbia	> 10 m	Falda in pressione con soggiacenza > 5 m
						Limo	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
						Sabbia	> 10 m	Falda a pelo libero o in pressione con soggiacenza 0-5 m
						Situazioni altamente variabili fra condizioni di vulnerabilità media e alta		
						Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda in pressione
						Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero
						Ghiaia	0 m	Alvei fluviali disperdenti

E_e = Estremamente elevato E = Elevato A = Alto M = Medio B = Basso B_b = Bassissimo

Figura B.6.1 Estratto Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento – alta pianura reggiana tra T. Crostolo e F. Secchia” (1992). Area in esame

B.6.2 La vulnerabilità

Per meglio individuare la zona in esame sotto il profilo della pericolosità idrogeologica sono state consultate diverse cartografie disponibili. La carta della vulnerabilità intrinseca o naturale consiste nella zonizzazione del territorio in funzione delle caratteristiche dei terreni e delle condizioni idrogeologiche. La valutazione della vulnerabilità intrinseca consiste nel rilevamento e nella rappresentazione cartografica, per zone omogenee, delle caratteristiche delle unità idrogeologiche, che determinano la predisposizione naturale del territorio, in termini di suscettività specifica, ad essere più o meno vulnerabile nei confronti di agenti inquinanti liquidi o idroveicolati, che possono essere dispersi o immessi nell'acqua superficiale. Il grado di vulnerabilità è in funzione dei seguenti fattori:

- caratteristiche degli acquiferi
- elementi idrostrutturali
- stato di inquinamento reale dei corpi idrici sotterranei.

Nella “Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento – alta pianura reggiana tra T. Crostolo e F. Secchia” (1992) vengono individuati sei gradi di

vulnerabilità che dal meno vulnerabile al più vulnerabile assumono le seguenti definizioni: bassissimo, basso, medio, alto, elevato ed estremamente elevato.

Dalla carta esaminata risulta che l'area in esame si trova in una zona a grado di vulnerabilità **media**.

C. DATI GEOGNOSTICI E STRATIGRAFICI

C.1 Dati stratigrafici bibliografici

Sono stati analizzati i dati del tetto delle ghiaie riportati nel sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>, riportati nella figura e tabella sottostanti.

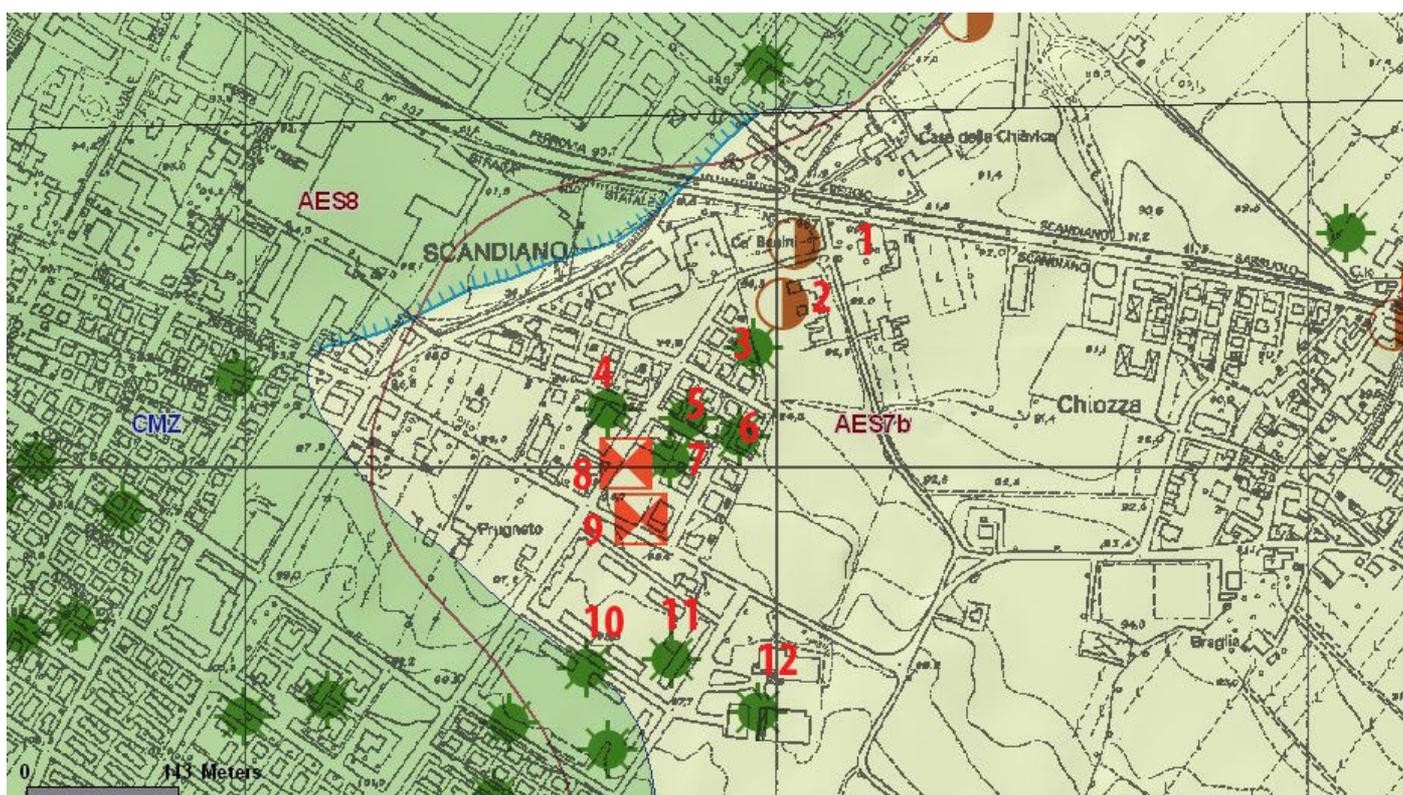


Figura C.1.1. Ubicazione dei dati provenienti dal sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>

Nella tabella seguente sono riportati i dati delle prove reperite.

Numero	OBJECTID	GISID	SIGLA	QUOTA p.c.	PROF. RAGGIUNTA	DATA ESECUZIONE	TETTO GHIAIE	TIPO PROVA
1	144764	29938	219010C037	92	6	09/10/1992	6.00000	prova CPT con punta meccanica
2a	144763	29940	219010C038B	94	2.8	10/10/1992	6.00000	prova CPT con punta meccanica
2b	144839	29939	219010C038A	94	6.6	09/10/1992	6.60000	prova CPT con punta meccanica
3	144762	30019	219010P642	93	20	25/12/1975	10.00000	pozzo per acqua
4	144759	30020	219010P643	95.2	21	25/12/1977	8.00000	pozzo per acqua
5	144760	30018	219010P641	95	25	22/08/1983	10.00000	pozzo per acqua
6	144761	30017	219010P640	95	22	25/12/1983	20.00000	pozzo per acqua
7	144757	30016	219010P639	96	24	06/09/1983	9.00000	pozzo per acqua
8	144758	29974	219010P401	96.7	3.5	01/05/1986	1.50000	carotaggio continuo
9	144756	29975	219010P402	96.7	13	01/05/1986	1.50000	carotaggio continuo
10	144754	30014	219010P637	98.2	20	15/04/1979	15.00000	pozzo per acqua
11	144755	30015	219010P638	98	21	20/10/1984	5.00000	pozzo per acqua
12	144815	30041	219010P664	97	77	01/09/1977	19.00000	pozzo per acqua

Nel 1999 è stata condotta a cura del dott. Geol. Mario Mambrini (geoLOG) una campagna di indagini geognostiche ai fini del progetto di "Ampliamento del centro scolastico di Scandiano" dell'amministrazione provinciale di Reggio Emilia. Sono state eseguite 5 prove penetrometriche statiche di cui nella tabella seguente si riportano profondità del tetto delle ghiaie e della falda quando rilevata.

Indagini anno 1999	Profondità tetto ghiaie	Profondità della falda
	m da p.c.	m da p.c.
CPT1_99	2.40	3.90
CPT2_99	2.60	5.70
CPT3_99	2.10	-
CPT4_99	2.10	3.90
CPT5_99	2.60	-

C.2 Dati geognostici e stratigrafici locali

Per ottenere informazioni relative alla situazione del sottosuolo sono state eseguite n.5 prove penetrometriche statiche, n.2 prove penetrometriche dinamiche, n.2 sondaggi a carotaggio continuo, n.1 MASW la cui ubicazione è riportata nella Figura seguente.

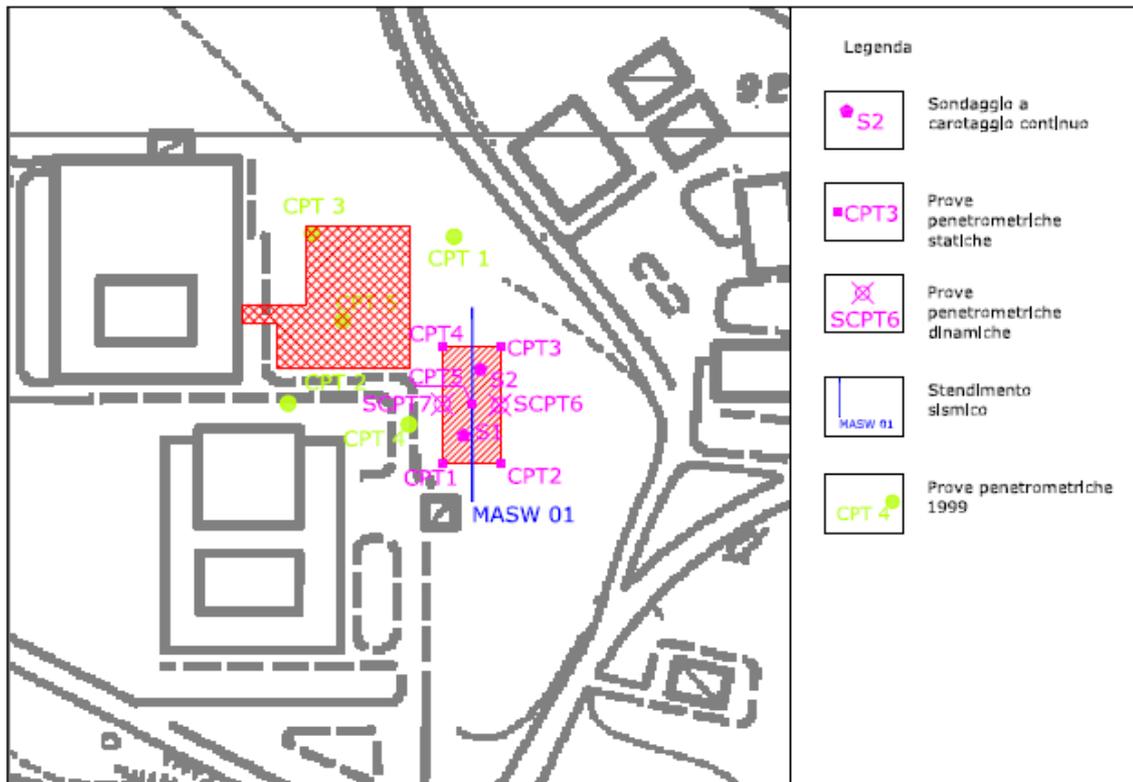


Figura C.2.1. Ubicazione delle prove geognostiche

C.3 Sondaggio a carotaggio continuo

Tale prova permette l'estrazione della colonna di terreno (carota) e di visionare direttamente il materiale presente in sito consentendo di descrivere nel dettaglio la stratigrafia del sottosuolo. Durante l'esecuzione della prova possono essere eseguite indagini geologiche e geotecniche in sito quali: misurazione acqua nel foro, prelievo di campioni indisturbati, esecuzione di SPT in foro etc.

L'indagine geognostica si è svolta mediante l'esecuzione di n°2 sondaggi a carotaggio continuo che ha permesso di acquisire informazioni dettagliate sulla litologia e sui parametri geotecnici dei terreni presenti.

Di seguito vengono riportate le stratigrafie semplificate dei sondaggi a carotaggio continuo effettuati per questo lavoro.

C.3.1.1 Sondaggio S1

Sondaggio S1			Unità geologica
Profondità	Descrizione litologica		
0.00-2.00	Suolo e riporto. Argilla limosa colore bruno-bruno scuro con frammenti lapidei e laterizi, elementi organici e radici.		AES7
2.00-2.80	<i>Argilla con ciottoli, ghiaia e sabbia. Colore bruno marrone. Ciottoli arrotondati ma anche spigolosi, ossidati, alterati e decalcificati. Verso la base (2.8-3.36m) presenza di calcinelli e aumento del contenuto in ghiaia</i>		AES7
3.36-9.10	Ghiaia con sabbia grano supportata ($\phi = 2-5$ cm) localmente matrice più argillosa (5.8-6.40 m). Tra 8.0-8.40 livello molto ricco in gesso messiniano. Tra 8.8-9.1 sabbia colore nocciola marrone.		AES7
9.10-9.40	<i>Argilla con ciottoli ($\phi = 2-3$cm) arrotondati, alterati ma non ossidati e decalcificati. Colore rosso-bruno. Paleosuolo?</i>		CMZ
9.40-13.20	Limo con sabbia e sabbie limose di colore nocciola marrone chiaro. Poco addensate		CMZ
13.20-14.40	<i>Strato organico. Ghiaietto più sabbia in matrice argillosa molto ricca in frustoli vegetali e legno. Alla base circa 15 cm di olio minerale immerso in ghiaia.</i>		CMZ
14.40-20.00	Ghiaia e sabbia in abbondante matrice limo-argillosa. Colore nocciola grigio chiaro e marrone chiaro. (ϕ medio=3-5cm) Verso la base a 19.60 m colorazione e frammenti di ossidazione		CMZ

Sono state inoltre eseguite alcune prove SPT di cui nella tabella seguente si riportano i risultati.

S1	Profondità (m dal p.c.)	Numero colpi			NSPT
NSPT1	2.90-3.35	10	9	10	19
NSPT2	5.50-5.95	14	12	17	29
NSPT3	8.50-8.95	11	23	13	36

Di seguito si riportano i valori ottenuti dalle misure con Pocket penetrometer:

S1 Profondità (m dal p.c.)	Valori di Pocket Penetrometer
1.45	2.5
1.75	1.75
2.50	2.0

Sono stati prelevati due campioni indisturbati a profondità di 2.00-2.60 m da p.c e 12.00-12.60 m da p.c.

C.3.1.2 Sondaggio S2

Sondaggio S2		Unità geologica
Profondità	Descrizione litologica	
0.00-1.90	<i>Suolo e riporto costituito da argilla e limo di colore bruno con rari ciottoli e sabbia.</i>	AES7
1.90-3.50	Argilla con ciottoli e sabbia di colore bruno scuro e bruno. Ciottoli anche arrotondati. Presenza di resti organici.	AES7
3.50-8.15	<i>Ghiaia con sabbia grano supportata con $\phi = 2-8$cm, colore marrone chiaro/nocciola matrice limo-argillosa abbondante</i>	AES7
8.15-12.85	Sabbia limosa e limo sabbioso colore nocciola chiaro marrone. A 11.4-11.7 m argilla limosa e limo argilloso. A 12.25-12.85 m sabbia limosa alterata marrone rosso.	CMZ
12.85-14.00	<i>Sabbie e ghiaietto con livelli limo-argillosi grigio nocciola con abbondanti resti organici e legno. Tra 13.60-13.70 livello completamente organico di colore nero.</i>	
14.00-20.00	<i>Ghiaia argilla alterata e sabbia con ciottoli decalcificati</i>	

E' stato prelevato un campione indisturbato a profondità di 10.20-10.80 m da p.c.

Sono state inoltre eseguite alcune prove SPT di cui nella tabella seguente si riportano i risultati.

S2	Profondità (m dal p.c.)	Numero colpi			NSPT
NSPT1	4.00-4.45	10	10	12	22

Di seguito si riportano i valori ottenuti dalle misure con Pocket penetrometer:

S2 Profondità (m dal p.c.)	Valori di Pocket Penetrometer
0.60	2.25
0.80	2.50
1.20	2.75
1.40	2.50
1.60	2.25
1.80	2.75
2.20	2.00

C.4 Prove penetrometriche statiche (CPT).

La prova penetrometrica statica è stata effettuata con un penetrometro statico/dinamico tipo "Pagani" da 10 t di spinta, velocità di avanzamento di 2 centimetri al secondo con punta meccanica tipo "Begemann" avente diametro di 35,7 mm, area della punta di 10 cmq, angolo di apertura di 60 gradi con manicotto laterale. Le prove penetrometriche statiche consistono nell'infiggere nel terreno la punta, precedentemente descritta e misurare la resistenza che oppone il terreno alla penetrazione. E' opportuno sottolineare che le prove penetrometriche, così come sono state eseguite, permettono di ottenere la resistenza di punta (q_c o R_p) e la resistenza laterale (q_s o R_l). Tramite i valori di q_c e q_s è possibile ricavare informazioni sulla stratigrafia e sulle caratteristiche meccaniche del terreno. I valori di resistenza alla punta q_c e di resistenza laterale q_s delle prove penetrometriche statiche hanno permesso di eseguire una interpretazione

litologica puntuale ogni 20 cm di spessore del terreno. Per tale caratterizzazione sono state utilizzate, le classificazioni proposte dalle Raccomandazioni A.G.I (1977) e da Begemann (1965) sulla base del rapporto F e quelle proposte da Schmertmann (1978) e da Robertson-Campanella (1983) in base al valore del rapporto di resistenza (friction ratio) Fr correlato con la resistenza alla punta q_c .

Le letture di campagna ed i tabulati dei calcoli per i relativi parametri geomeccanici ricavabili dalle prove sono riportati in Allegato.

Nella tabella sottostante si riporta la profondità dal piano campagna raggiunta da ciascuna prova nonché il tetto delle ghiaie individuato.

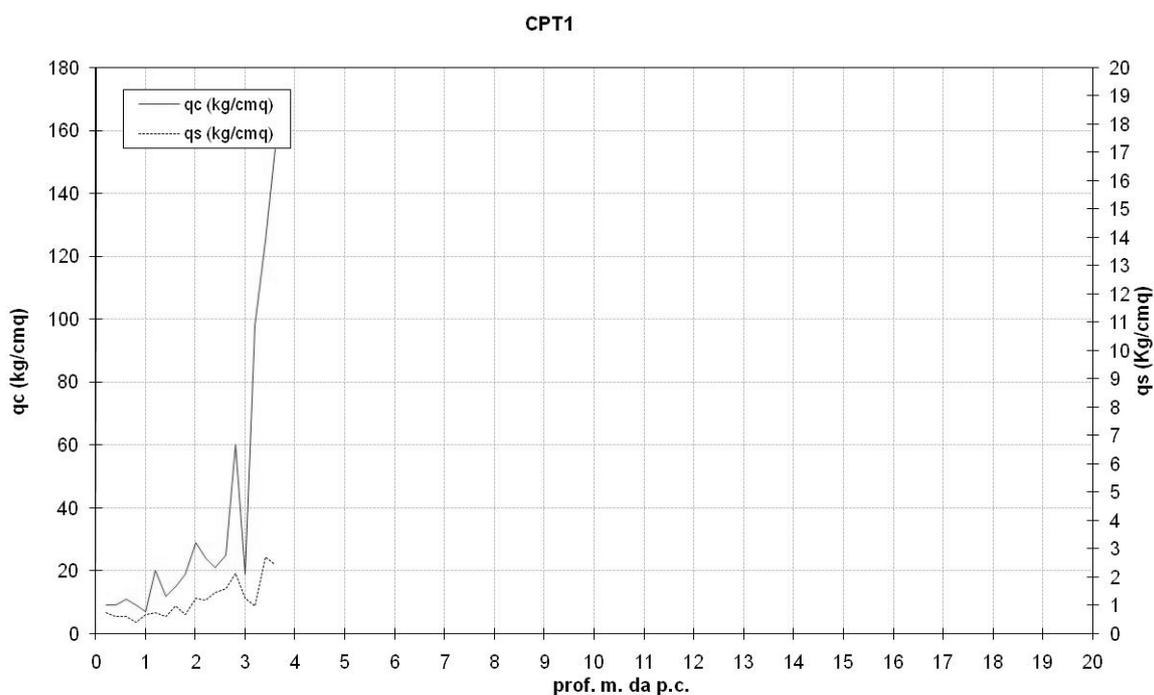


Figura C.4.1. Variazione q_c e q_s con la profondità in CPT1

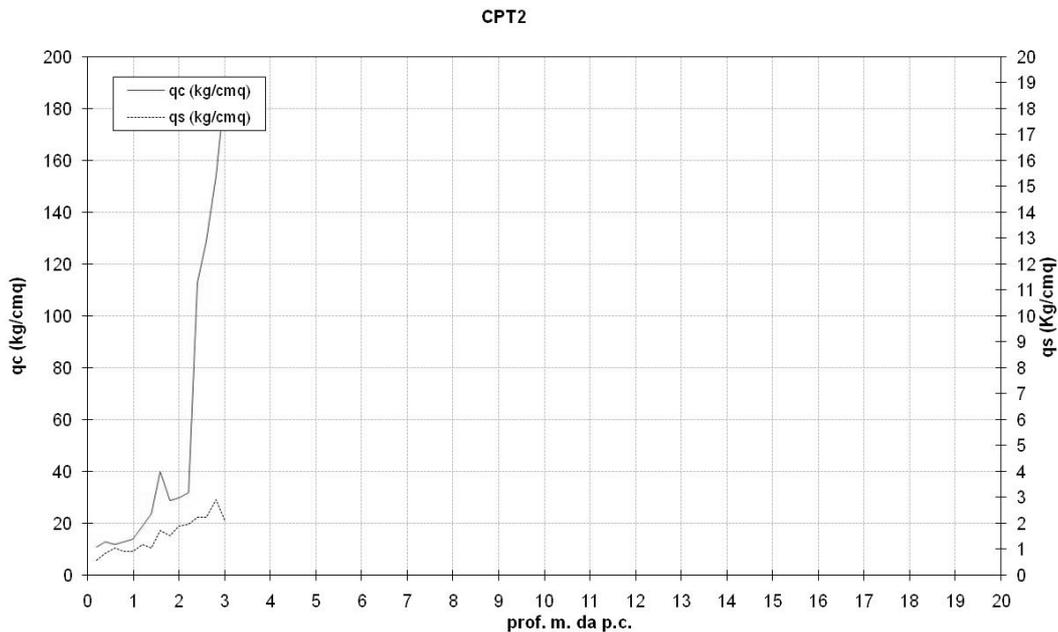


Figura C.4.2. Variazione qc e qs con la profondità in CPT2

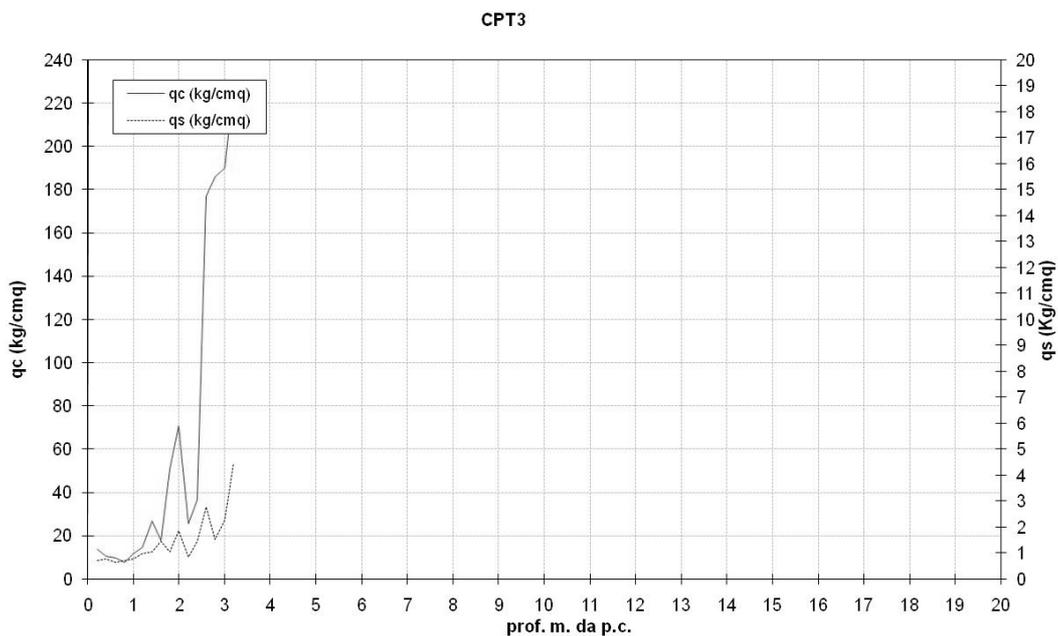


Figura C.4.3. Variazione qc e qs con la profondità in CPT3

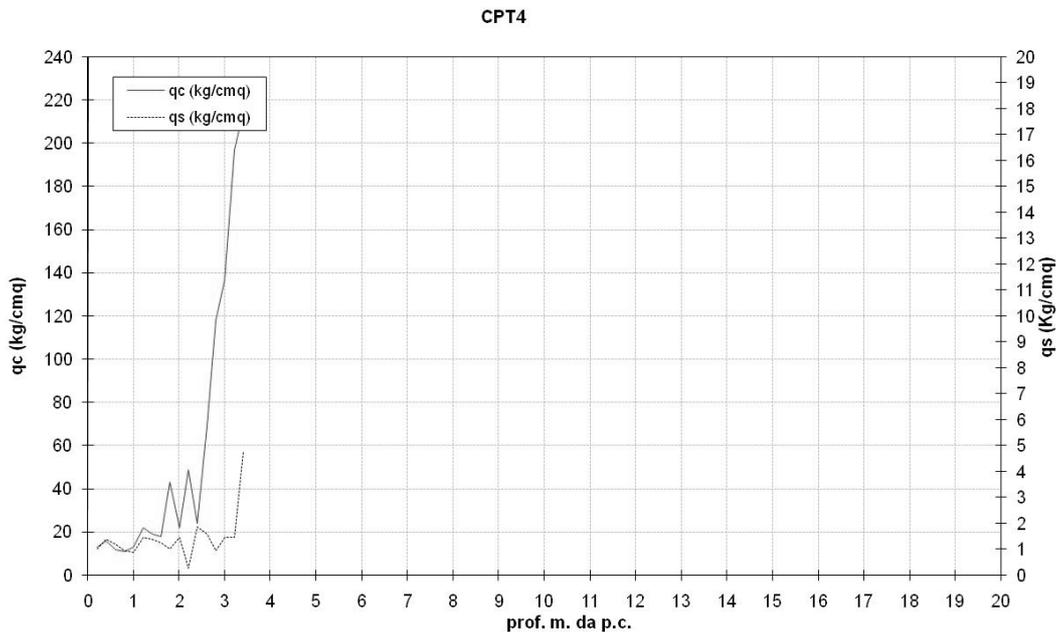


Figura C.4.4. Variazione qc e qs con la profondità in CPT4

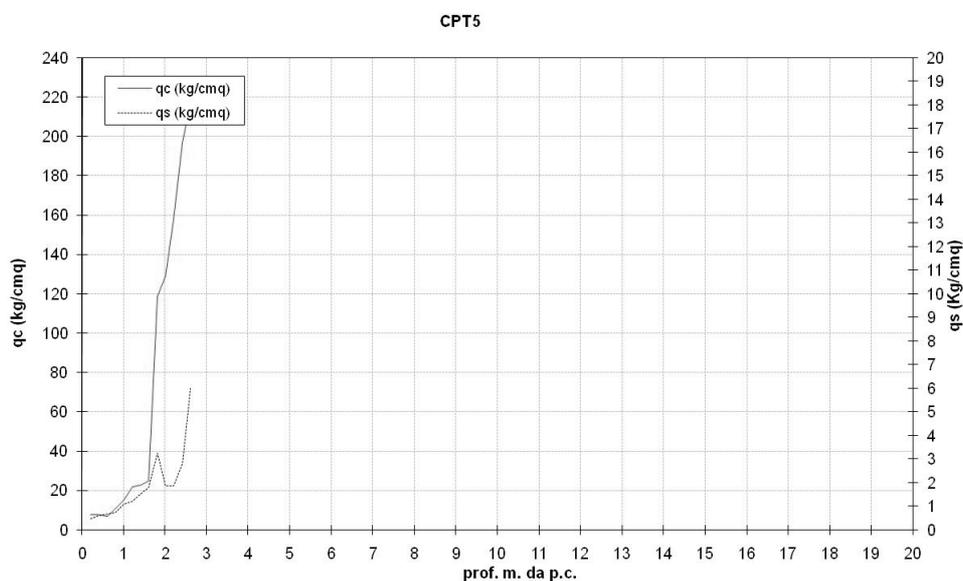


Figura C.4.5. Variazione qc e qs con la profondità in CPT5

C.5 Prove penetrometriche dinamiche (SCPT).

Tale indagine è stata effettuata con penetrometro dinamico tipo DPSH-TG63-100ISM.C avente le seguenti caratteristiche:

Massa maglio = 73 kg; Altezza caduta = 75 cm; Area punta = 20.43 cmq; Peso aste = 6.31 kg/ml; Penetrazione standard = 30 cm.

L'indagine consiste nell'infiggere nel terreno un'asta o una serie di aste con punta conica o con curretta. Il sistema d'infissione è costituito da un maglio che batte sulle aste; il dato rilevato è il numero di colpi (numero di volte) che occorre per abbassare il sistema aste/punta di 30 cm nel terreno. Si ottengono così diagrammi che discretizzano il sottosuolo in livelli di 30 cm per l'intera profondità d'indagine. Frequentemente, come in questo caso, si sono interrotte le prove quando il numero dei colpi diventava particolarmente elevato vicino al rifiuto. In Allegato sono riportati i valori del numero di colpi N in funzione della profondità. Per il calcolo dei parametri geomeccanici, i valori d'infissione relativi all'avanzamento di 30 cm, sono stati trasformati in valori d'infissione della prova standard (Nspt), per mezzo di un coefficiente di trasformazione adottato pari a $f = 1,7$. E' stato inoltre apportata la correzione legata al peso del maglio di 73 kg (contro 63.5 kg dello standard attuale) (F. Cestari, 2005):

$$C_{AGI} = C \cdot 63.5/73 = 0.87 C$$

C.6 Risultati delle indagini

Nella tabella sottostante si riporta la profondità dal piano campagna raggiunta da ciascuna prova eseguita ed il tetto delle ghiaie individuato.

PROVA	Tipologia prova	Profondità raggiunta (m da p.c.)	Tetto delle sabbie/ghiaie (m da p.c.)	Soggiacenza della falda (m da p.c.)
CPT_1	Penetrometrica statica	3.6	3.0	-
CPT_2	Penetrometrica statica	3.0	2.2	-
CPT_3	Penetrometrica statica	3.2	2.4	-
CPT_4	Penetrometrica statica	3.4	2.4	-
CPT_5	Penetrometrica statica	2.6	1.6	-
SCPT_6	Penetrometrica dinamica	9.0	2.1	-
SCPT_7	Penetrometrica dinamica	9.3	2.4	-
S1	Sondaggio a carotaggio continuo	20.00	3.36	5.45
S2	Sondaggio a carotaggio continuo	20.00	3.50	5.50

Durante l'esecuzione delle prove geognostiche è stata rilevata la presenza di acqua alla profondità di:

Sondaggio S1 = soggiacenza 5.45 m dal pc

Sondaggio S2 = soggiacenza 5.50 m dal pc

C.7 Caratterizzazione geolitologica

La correlazione tra i dati emersi dalle prove, integrati con le osservazioni di campagna e dai dati bibliografici in nostro possesso, ha permesso di ottenere un profilo stratigrafico in cui si possono distinguere i seguenti livelli aventi diverse caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche.

Il primo livello (**S**) presenta spessore di massimo 2.00 m ascrivibile al suolo granulometricamente costituito da argilla e limo con ciottoli e sabbia, frammenti lapidei e di laterizi e presenza di elementi organici e radici. Questo livello è in parte interessato da riporti di origine antropica. Tale orizzonte sovrasta un livello (**ALS**) costituito da argilla limosa e limo argilloso e sabbia con ciottoli che raggiunge la profondità massima di 3.5 m da p.c.. I ciottoli si presentano talora alterati, ossidati e decalcificati. Si rinviene la presenza di resti organici.

Al di sotto si individua un livello costituito da ghiaie sabbiose grano supportate localmente a matrice limo-sabbiosa abbondante (**LGS**) che raggiunge le profondità massime indagate con le prove penetrometriche dinamiche e si ritrova fino alla profondità massima di 9.10m da p.c. nel sondaggio 1.

Nelle prove penetrometriche dinamiche si osserva alla profondità di 7.2m da p.c. il passaggio a ghiaie con sabbie molto addensate.

I sondaggi evidenziano a profondità maggiori (fino a 13.20 m da p.c.) la presenza di sabbia limosa e limo sabbioso di colore nocciola chiaro: nel sondaggio 1 tale livello è preceduto da un orizzonte di argille con ciottoli alterati (ma non ossidati e decalcificati, a profondità comprese tra 9.10-9.40m), di colore rosso bruno, che potrebbe rappresentare un paleosuolo.

In entrambi i sondaggi a profondità comprese tra 13.20-14.40 in S1 e tra 12.85-14.00 in S2 si individua un orizzonte, granulometricamente costituito da sabbie e ghiaietto, particolarmente ricco in resti organici e legno. Alla base, questo livello assume colorazione nera ed è quasi completamente costituito da materiale organico: nel sondaggio 1 si segnala la presenza di olio minerale immerso in ghiaia per circa 15 cm alla base dello strato.

Il materiale sottostante a questo livello fino alla profondità massima indagata è costituito da ghiaia e sabbia (talora ciottoli decalcificati) in matrice limo argillosa con variazioni nella colorazione legate anche alla presenza di alterazione e ossidazione.

	Profondità m (S-CPT1)	Profondità m (CPT2)	Profondità m (CPT3)	Profondità m (CPT4)	Profondità m (CPT5)	Profondità m (SCPT6)	Profondità m (SCPT7)
S	0.00-1.00	0.00-1.00	0.00-1.20	0.00-1.00	0.00-0.80	0.00-1.20	0.00-1.50
Als	1.00-3.00	1.00-2.20	1.20-2.40	1.00-2.40	0.80-1.60	1.20-2.10	1.50-2.40
LSG1	3.00-3.60	2.20-3.00	2.40-3.20	2.40-3.40	1.60-2.60	2.10-9.0	2.40-9.30

Tabella C.1. Schema stratigrafico desunto dalle prove penetrometriche eseguite

	Profondità m (S1)	Profondità m (S2)	Unità geologica
S	0.00-2.00	0.00-1.90	AES7
Als	2.00-3.36	1.90-3.50	AES7
LSG1	3.36-9.10	3.50-8.15	AES7
A	9.10-9.40		CMZ
LS (CMZ1)	9.40-13.20	8.15-12.85	CMZ
OR (CMZ2)	13.20-14.40	12.85-14.00	CMZ
LGS2 (CMZ3)	14.40-20.00	14.00-20.00	CMZ

Tabella C.2. Schema stratigrafico desunto dai sondaggi eseguiti

Per meglio comprendere lo sviluppo plano-altimetrico dei depositi sono state redatte quattro sezioni litologiche riportate nella tavola allegata.

D. RISPOSTA SISMICA LOCALE

D.1 Pericolosità sismica locale

Al fine verificare gli scenari di pericolosità sismica locale sulla base dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16.c.1 della L.R.20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (D.G.R.n.2131 del 2/5/2007) sono stati considerati due livelli di approfondimento in esso identificati.

D.2 Analisi di primo livello

Le analisi di primo livello hanno lo scopo di identificare le caratteristiche fisiche del territorio che possono determinare effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità, fenomeni di liquefazione, etc).

Tra gli elementi da valutare sono segnalati:

1. Depositi che possono determinare amplificazione (spessore \geq 5m)
2. Elementi morfologici che possono determinare amplificazione
3. Depositi suscettibili di amplificazione e cedimenti
4. Aree soggette ad instabilità dei versanti
5. Elementi che possono determinare effetti differenziali

Per quello che riguarda il punto **1**, ossia la presenza di litotipi che possono determinare amplificazione l'esame delle prove eseguite evidenzia la presenza depositi alluvionali con spessori superiori a 5m, tali depositi possono provocare fenomeni di amplificazioni.

Per quello che riguarda il punto **2** l'analisi morfologica e topografica evidenzia come l'area in esame sia pianeggiante e pertanto non siano presenti elementi morfologici che possono determinare amplificazione.

Per quello che riguarda il punto **3 non** si evidenzia la presenza di depositi con spessore $>$ 5m con litologie compatibili con i processi di liquefazione.

Per quello che riguarda il punto **4**, l'area è pianeggiante e non è interessata direttamente da fenomeni franosi attivi o quiescenti.

Per quello che riguarda il punto **5** nell'area non è presente un contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, né sono presenti cavità sepolte.

D.3 Analisi di secondo livello

L'analisi di secondo livello prevede la definizione dei coefficienti di amplificazione. Nel caso in esame, poiché il substrato dell'area è sufficientemente uniforme, non è stata elaborata una cartografia di microzonazione sismica, ma ci si è limitati a calcolare il fattore di amplificazione, in particolare secondo il metodo riportato nell'Allegato A2 dei già citati indirizzi della Regione Emilia Romagna.

Il primo step del calcolo del valore di FA prevede la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato.

La velocità delle onde di taglio equivalente nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto delle fondazioni è stata determinata attraverso la seguente formula:

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

E' stata eseguita un'indagine MASW (vedasi allegato) di cui di seguito si riporta un estratto che evidenzia un valore di V_{S30} pari a **376 m/s**.

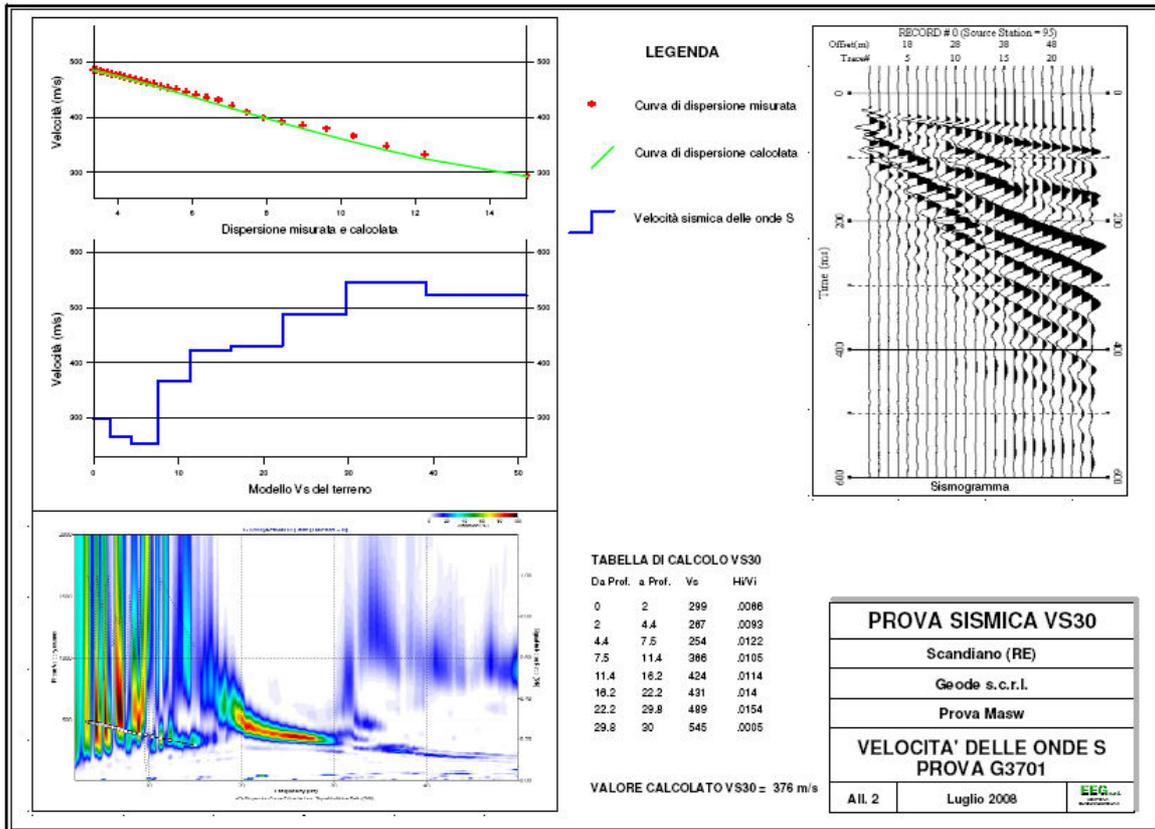


Figura D.3.1. Indagine MASW

D.3.1 Il fattore di amplificazione

Dal momento che l'intervento in esame si trova in ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.) (PIANURA1) si devono usare le seguenti tabelle si devono usare le seguenti tabelle.

F.A. P.G.A.

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < T₀ < 0.5s

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800

F.A.	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.6	2.5	2.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.1	1.0

Figura D.3.2. Valori del Fattore di Amplificazione in caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 800m/s$ (estratto dall'appendice A2.1.1 dell'Atto di indirizzo).

L'analisi della tabella precedente evidenzia per l'area in esame, caratterizzata da valori di V_{s30} pari a circa 376m/s, un fattore di amplificazione (FA) di PGA di **1.6**

Carrara e Rapolla hanno proposto di correlare la rigidità sismica dei livelli superficiali (R' di Medvedev) con la variazione del coefficiente di fondazione ϵ . Di seguito si riporta il calcolo eseguito considerando che la rigidità R' è calcolabile come prodotto tra la V_s ed il peso di volume del sismostrato.

In relazione alla sismostratigrafia individuata è stato ricavato il valore di ϵ (f_c), risultato pari a **1.08**.

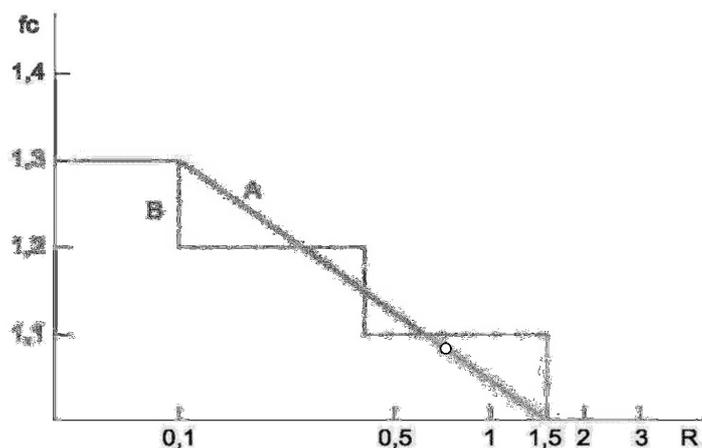
STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

METODO DI CARRARA E RAPOLLA

Strato n°	Profondità [m]	Spessore [m]	γ [t/m ³]	V_s [m/s]	R_{parz}
1	7.50	7.50	1.80	273.00	0.49
2	11.00	3.50	2.00	366.00	0.73
3	29.40	18.40	2.00	448.00	0.90
4	0.00				0.00

R	0.77
----------	------

fc	1.08
-----------	------



- γ peso di volume del terreno
- V_s velocità medie onde di taglio
- R rigidità sismica nei livelli superficiali
- f_c fattore di amplificazione sismico locale

Figura D.3.3. Stima del valore di ϵ

D.4 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Nelle NTC 2008 per valutare l'effetto della risposta sismica locale si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento così come riportato nella tabella seguente.

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>Deposit</i> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ 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>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<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 D.1. Estratto dalle NTC 2008 (tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo)

La classificazione si effettua preferibilmente in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio così come definita nella formula seguente:

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

dove h_i è lo spessore in metri dell'iesimo strato compreso nei primi 30m di profondità, $V_{s,i}$ la velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato, N il numero di strati compresi nei primi 30m di profondità.

Alle cinque categorie di sottosuolo precedentemente descritte sono state aggiunte due ulteriori categorie (S1 ed S2) per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

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.

Tabella D.2. Estratto dalle NTC 2008 (tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo)

Sulla base della stratigrafia individuata e di indagini MASW reperite nei pressi dell'area in esame è stato determinato un valore della V_{s30} pari a circa 376 m/s che consente di classificare il terreno di fondazione come terreno **tipo B**

D.5 Azioni sismiche

Nel D.M. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” le azioni sismiche erano valutate secondo le seguenti formule:

$$F_i = K_{hi} * W_i \quad K_{hi} = C * R * \epsilon * \beta * I * \gamma_i \quad W_i = G_i + s * Q_i$$

Dove:

$C = \frac{S-2}{100}$ è il coefficiente di intensità sismica; S = il grado di sismicità. Il

Comune di **Scandiano** in base a quanto riportato nella delibera della Giunta Regionale n. 1677 del 24 Ottobre 2005, si può considerare un comune a bassa sismicità pertanto con $S=6$ da cui risulta **$C=0,04$** .

R = il coefficiente di risposta relativo alla direzione considerata; R è assunto pari a 1.

I = il coefficiente di protezione sismica; coefficiente pari a 1.4 per opere di protezione civile, 1.2 per le opere che presentano particolare rischio per le caratteristiche di'uso e 1 per le opere che non rientrano nella categoria precedente (come l'opera in esame).

ϵ = è il coefficiente di fondazione e varia da 1 a 1.3. Solo nel caso di depositi alluvionali con spessore compreso tra 5 e 20 m si assume 1.3.

Il valore ottenuto di ϵ (fc o FA) è risultato pari a **1.08** con il metodo di Carrara e Rampolla.

γ_i = coefficiente di distribuzione assunto pari a 1.

β = coefficiente di struttura. Si assume normalmente 1. Nel caso in cui nella struttura dell'edificio vi siano telai ed elementi irrigidenti verticali e su questi ultimi prevalentemente si distribuiscono le azioni orizzontali si assume β pari 1.2.

In sintesi il rapporto F_h/W risulta.

$$F_h/W = K_h = 0.04 * 1 * 1.08 * 1 * 1 * 1 = \mathbf{0.0432}$$

E. RELAZIONE GEOTECNICA

Le caratteristiche meccaniche del terreno interessato dall'opera in progetto sono state determinate attraverso formule empiriche che correlano i valori di q_c , q_s

E.1 Caratterizzazione meccanica del terreno di fondazione

E.1.1 Coesione non drenata

Per la valutazione della coesione non drenata (C_u), tipica dei terreni coesivi, è stata utilizzata la relazione proposta da Schmertmann (1975), espressa in funzione della resistenza alla punta q_c (o R_p) del penetrometro statico e della pressione geostatica σ_v ; $C_u = R_p - \sigma_v / N_c$ [Kg/cmq]; dove N_c è una costante dipendente dal tipo di terreno in esame.

Il valore di C_u è stato calcolato per i livelli Suolo ed ALS dato che questi livelli sono in buona parte costituiti da terreno coesivo.

Livelli	Suolo/Riporto	ALS
$C_{u \text{ medio}}$ (Kg/cmq)	0.55	1.29
$C_{u \text{ 5°percentile}}$ (Kg/cmq)	0.35	0.74
$C_{u \text{ min}}$ (Kg/cmq)	0.34	0.59
$C_{u \text{ max}}$ (Kg/cmq)	0.80	2.97
$C_{u \text{ caratteristico}}$		

I dati di C_u relativi al livello di suolo e ALS sono stati statisticamente elaborati e riportati nelle figure successive.

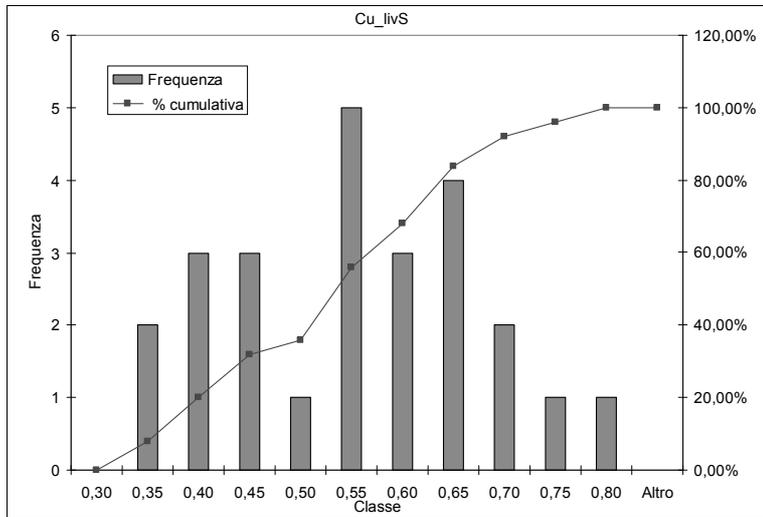


Figura E.1.1. Istogramma dati di Cu per livello S.

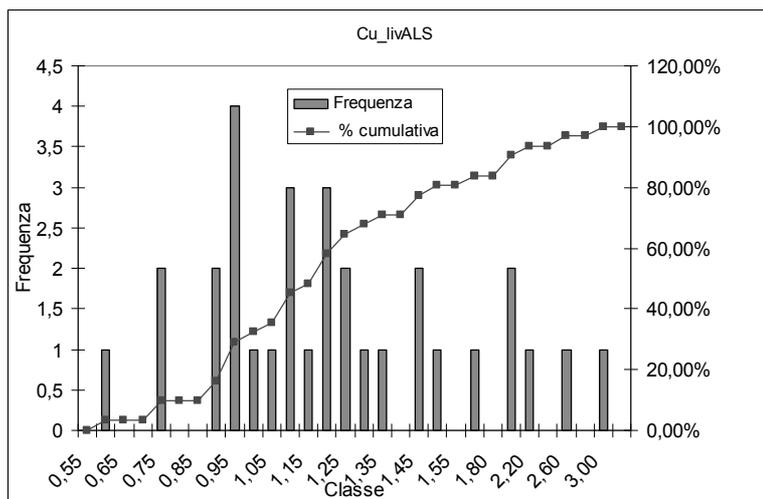


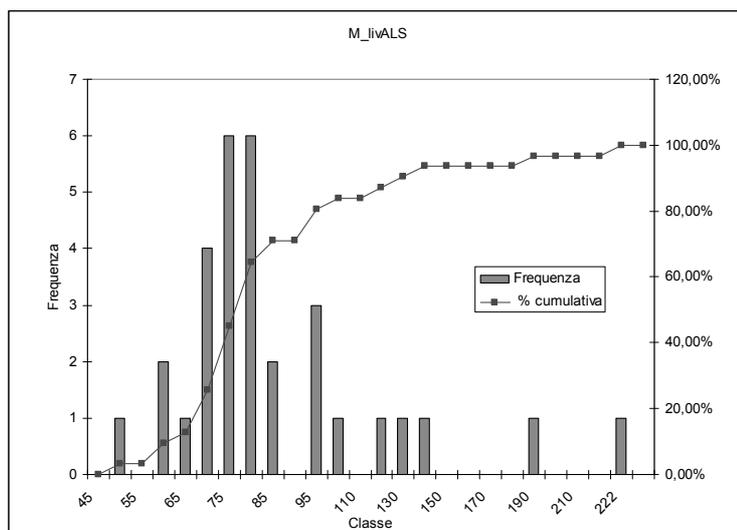
Figura E.1.2. Istogramma dati di Cu per livello ALS.

E.1.2 Modulo Edometrico

I valori del modulo edometrico sono stati calcolati attraverso l'elaborazione della CPT utilizzando la correlazione proposta da Gardner e Mitchell (1975):

$M = \alpha qc$; dove α è una costante dipendente dalle caratteristiche del terreno esaminato.

Livelli	Suolo	ALS
M medio (Kg/cmq)	44.3	88.0
M 5°percentile (Kg/cmq)	28.8	60.0
M min (Kg/cmq)	28.0	48.0
M max (Kg/cmq)	64.0	221.9
M caratteristico		



Classe	Frequenza	% cumulativ.
45	0	0,00%
50	1	3,23%
55	0	3,23%
60	2	9,68%
65	1	12,90%
70	4	25,81%
75	6	45,16%
80	6	64,52%
85	2	70,97%
90	0	70,97%
95	3	80,65%
100	1	83,87%
110	0	83,87%
120	1	87,10%
130	1	90,32%
140	1	93,55%
150	0	93,55%
160	0	93,55%
170	0	93,55%
180	0	93,55%
190	1	96,77%
200	0	96,77%
210	0	96,77%
220	0	96,77%
222	1	100,00%
Altro	0	100,00%

Figura E.1.3. Istogramma dati di M per livello ALS.

E.1.3 Resistenza al taglio in condizioni drenate

I valori caratteristici della resistenza al taglio drenata (τ) sono rappresentati dalla coesione drenata c' e dall'angolo di attrito ϕ' . Questo ultimo parametro è stato determinato utilizzando le seguenti equazioni:

$$\Phi' = (\text{NSPT} \cdot 0.3) + 27 \quad \text{Shioi}$$

$$\Phi' = (0.14 \cdot D_r) + 28 \quad \text{Schmertmann}$$

$$\Phi' = ((15 \cdot \text{NSPT})^{0.5}) + 15 \quad \text{RoadBridge}$$

La correlazione con N_{spt} non è sempre diretto ma in Schmertmann è necessario determinare la densità relativa D_r ricavata con:

$$D_r = \text{EXP}(0.478 \cdot \text{LN}(\text{Nspt}) - 0.262 \cdot \text{LN}(\sigma'v) + 2.84) \quad \text{Schmertmann et al}$$

$$D_r = 21 \cdot (\text{Nspt} / (\sigma'v + 0.7))^{0.5} \quad \text{Meyer}$$

Di seguito si riportano i valori ricavati per il livello LSG.

Ø SHIOI	Ø Schm. 1977	Ø RoadBridge
32.70	34.27	31.88
35.70	34.78	35.86
37.80	35.17	38.24
33.60	34.30	33.17

Il valore caratteristico di ϕ' del livello di ghiaie risulta essere pari a 34.8 °.

Per quanto riguarda la coesione efficace C' si assumono un valori pari a:

Livelli	Livello LSG
C' (Kg/cmq)	0.0

E.1.4 Modulo elastico

Il modulo elastico è stato ricavato attraverso l'elaborazione dei valori di NSPT .

Di seguito si riportano i valori ottenuti.

E Parry (1971)	E D'APPOLONIA	E DENVER
MPa	MPa	MPa
53.2	33.11	30.51
81.2	40.67	37.70
100.8	45.97	42.00
61.60	35.38	32.83

Il valore caratteristico di E del livello di ghiaie risulta essere pari a 49.6 MPa.

E.1.5 Riepilogo caratteristiche fisico-meccaniche del terreno

Nella tabella seguente sono riportati i valori caratteristici ricavati dalle indagini eseguite per i terreni reperiti:

Parametri S	Parametri LA	Parametri LSG
$\gamma = 2.0$ t/mc	$\gamma = 1.9$ t/mc	$\gamma = 1.75$ t/mc
$C_u = 0.35$ Kg/cmq	$C_u = 0.74$ Kg/cmq	$C' = 0.00$ Kg/cmq
$\phi' = -^\circ$	$\phi' = -^\circ$	$\phi = 34.8^\circ$
$M = 35-45$ Kg/cmq	$M = 60-80$ Kg/cmq	$E = 49$ MPa
Dove: γ = peso di volume C_u = Resistenza al taglio in condizioni non drenate C' = Coesione in condizione drenata ϕ' = angolo di attrito efficace M = Modulo Edometrico E = Modulo Elastico		

E.2 ANALISI DELLE FONDAZIONI

E.2.1 Tipologia delle fondazioni

In base alla stratigrafia evidenziata dalle prove svolte, dalle caratteristiche geomeccaniche ricavate sono state assunte, a titolo di esempio, le seguenti caratteristiche geometriche per le fondazioni dell'edificio in oggetto:

- fondazione superficiale tipo rettangolare nastriforme;
- piano di posa $D = 1.5, 2.0$ m da piano campagna attuale;
- per la lunghezza della fondazione è stata utilizzata $L = 35$ m
- per la larghezza della fondazione sono proposte le seguenti soluzioni $B = 0.8, 1.0, 1.2, 1.5$ m.

E.2.2 Calcoli di verifica

La situazione geologica e geotecnica del terreno posto al di sotto dell'area interessata dal progetto consente la realizzazione di fondazioni superficiali.

Il calcolo della capacità portante del terreno di fondazione è stato eseguito utilizzando l'equazione proposta da Meyerhof (1951,1963):

$$q_{lim} = CN_c s_c d_c + q' N_q s_q d_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

dove

C = coesione

$q' = \gamma * D$

D = profondità della fondazione

B = larghezza della fondazione

L = lunghezza della fondazione

La capacità portante ammissibile (q_a) è il risultato del rapporto tra il carico di rottura q_{lim} ed il fattore di sicurezza F_s . Per determinare questo coefficiente si fa riferimento alla legislatura italiana ed in particolare al D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 punto C (Opere di fondazione) - C.4.2. comma 5 in cui si indica come “il

coefficiente di sicurezza non deve essere inferiore a 3". Considerando i parametri geomeccanici ottenuti dall'interpretazione delle prove é stato scelto un valore del fattore di sicurezza F_s pari a 3.

Sono stati inoltre considerati gli effetti delle forze d'inerzia derivanti dall'azione sismica utilizzando le relazioni ottenute da Paolucci & Pecker (1995).

Tali relazioni si esprimono sotto forma di tre coefficienti correttivi Z_q , Z_c e Z_γ , che tengono conto dell'inerzia del terreno e per i quali devono essere moltiplicati i termini dell'equazione proposta da Meyerhof, che pertanto diventa

$$q_{lim} = CN_c s_c d_c z_c + q' N_q s_q d_q z_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma z_h$$

I coefficienti possono essere espressi con buona approssimazione dalle formule:

$$z_q = z_\gamma = \left(1 - \frac{K_h}{\text{tg}\varphi}\right)^{0.35}$$

$$z_c = 1 - 0.32 K_h$$

dove K_h (F_h) rappresenta il coefficiente sismico, e cioè il rapporto F_h/w , che nella presente relazione viene identificato con il valore di 0.0432g.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

D – Profondità (m) =	1.50			
B (m) =	0.80	1.00	1.20	1.50
Qa Kg/cmq	1.274	1.275	1.277	1.279
Qa Kg/cmq (sismica)	1.256	1.257	1.259	1.261

D – Profondità (m) =	2.00			
B (m) =	0.80	1.00	1.20	1.50
Qa Kg/cmq	1.465	1.466	1.468	1.470
Qa Kg/cmq (sismica)	1.413	1.415	1.416	1.419

E.2.3 Analisi dei cedimenti

Per verificare la compatibilità dei valori di capacità portante ammissibili determinati in prima approssimazione nel § precedente ed i cedimenti attesi sono stati calcolati i cedimenti indotti dalla costruzione delle nuove strutture.

Il calcolo dei cedimenti è stato effettuato anche per determinare il valore di capacità portante ammissibile funzione del cedimento assoluto ammissibile determinato ed i cedimenti differenziali ricavati.

L'analisi dei cedimenti è stata effettuata considerando la combinazioni dei fattori geometrici della fondazione; variazione di D (Profondità piano posa), B (larghezza della fondazione) ed L (Lunghezza della stessa fondazione); nonché valutando l'iterazione tra le varie fondazioni e le variabili geologico-tecniche rilevate.

In sintesi l'analisi ha comportato:

1. Costruzione del modello geotecnico locale
2. Definizione dei parametri geometrici della fondazione ed analisi dei carichi
3. Calcolo delle tensioni indotte dalle fondazioni al terreno
4. Calcolo dei cedimenti assoluti (metodo edometrico)
5. Calcolo dei cedimenti differenziali
6. Valutazione della fattibilità delle fondazioni esaminate

E.2.3.1 Definizione della geometria della fondazione e dei carichi applicati

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito per fondazioni aventi le caratteristiche geometriche e tipologiche nonché i carichi applicati di seguito riportati

Simbologia adottata per geometria fondazioni

Descrizione Destrizione della fondazione

Forma Forma della fondazione (N=Nastriforme, R=Rettangolare, C=Circolare)

X Ascissa del baricentro della fondazione espressa in [m]

Y Ordinata del baricentro della fondazione espressa in [m]

B Base/Diametro della fondazione espressa in [m]

L Lunghezza della fondazione espressa in [m]

D Profondità del piano di posa in [m]

α Inclinazione del piano di posa espressa in [°]

ω Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

Simbologia e convenzioni di segno adottate per carichi applicati

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

Fondazione Nome identificativo della fondazione

N Sforzo normale totale espressa in [kg]

M_x Momento in direzione X espressa in [kgm]

M_y Momento in direzione Y espresso in [kgm]

e_x Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]

e_y Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]

β Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]

T Forza di taglio espressa in [kg]

Caso 1. Fondazione superficiale rettangolare perimetrale all'area di intervento

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
Fondazione 1	(R)	0,00	0,00	1,00	35,00	1,00	0,00	0,00

Condizione n° 1 (Condizione n° 1) [CARICHI PERMANENTI]

Fondazione	N	M_x	M_y	e_x	e_y	β	T
Fondazione 1	350000	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	0,0

N pari a 350000 Kg corrisponde ad un carico di 1.00 Kg/cm² valore determinato nel calcolo della capacità portante ammissibili in condizione sismiche.

Caso 2. Fondazione superficiale rettangolare perimetrale all'area di intervento

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
Fondazione 1	(R)	0,00	0,00	1,00	35,00	1,00	0,00	0,00

Condizione n° 1 (Condizione n° 1) [CARICHI PERMANENTI]

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
Fondazione 1	490000	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	0,0

N pari a 490000 Kg corrisponde ad un carico di 1.40 Kg/cm² valore determinato nel calcolo della capacità portante ammissibili in condizione sismiche.

E.2.3.2 Calcolo delle tensioni indotte con il Metodo di Boussinesq

Il metodo di Boussinesq considera il terreno come un mezzo omogeneo elastico ed isotropo. Dato un carico concentrato Q , applicato in superficie, la relazione di Boussinesq fornisce la seguente espressione della tensione verticale indotta in un punto $P(x,y,z)$ posto alla profondità z :

$$q_v = \frac{3Qz^3}{2\pi R^5}$$

dove $R = \sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$.

Per ottenere la pressione indotta da un carico distribuito occorre integrare tale espressione su tutta l'area di carico, considerando il carico Q come un carico infinitesimo agente su una areola dA . L'integrazione analitica di questa espressione si presenta estremamente complessa specialmente nel caso di carichi distribuiti in modo non uniforme. Pertanto si ricorre a metodi di soluzione numerica. Dato il carico agente sulla fondazione, si calcola il diagramma delle pressioni indotte sul piano di posa della fondazione. Si divide l'area di carico in un elevato numero di areole rettangolari a ciascuna delle quali compete un carico dQ : la tensione indotta in un punto $P(x,y,z)$, posto alla profondità z , si otterrà sommando i contributi di tutte le areole di carico calcolati come nella formula di Boussinesq.

Nella figura seguente sono schematizzati i bulbi delle sovrappressioni per le fondazioni verificate.

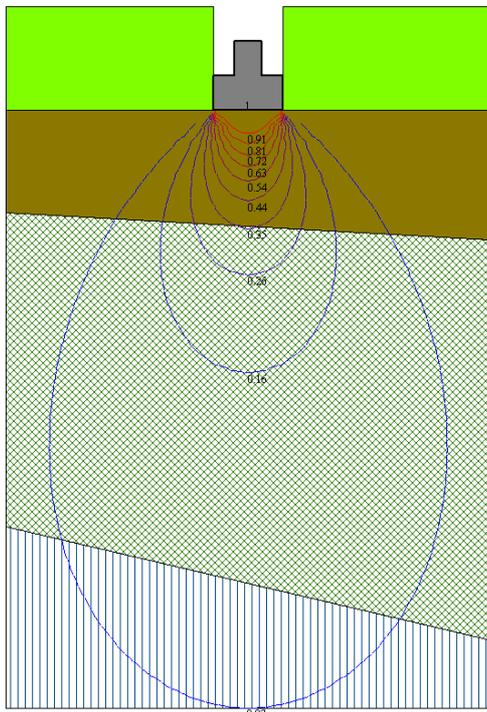


Figura E.4. Determinazione dell'andamento dell'aumento del carico con la profondità (bulbo di fondazione) per carico trasmesso pari a 1.0 Kg/cm² con fondazione $B = 1.0$ m, $L = 35$ m e $D = 1.5$ m

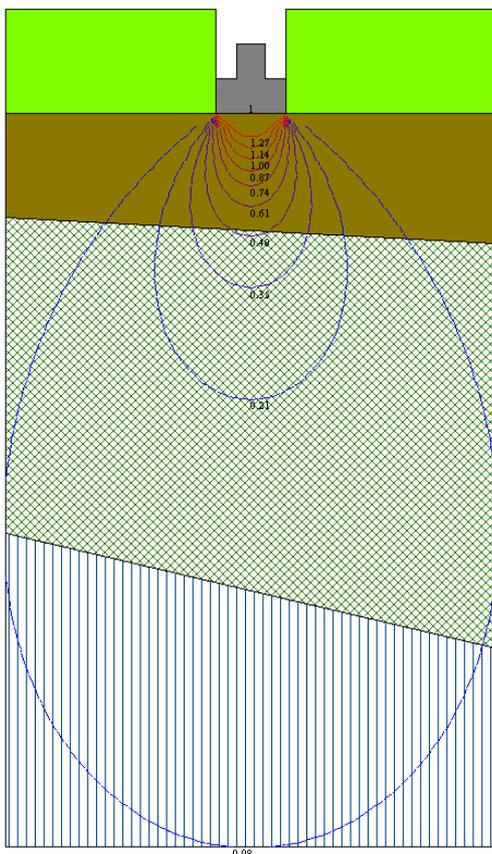


Figura E.5. Determinazione dell'andamento dell'aumento del carico con la profondità (bulbo di fondazione) per carico trasmesso pari a 1.4 Kg/cm² con fondazione $B = 1.0$ m, $L = 35$ m e $D = 1.5$ m

E.2.3.3 Cedimenti della fondazione con il Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da **Terzaghi** negli anni '20.

L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

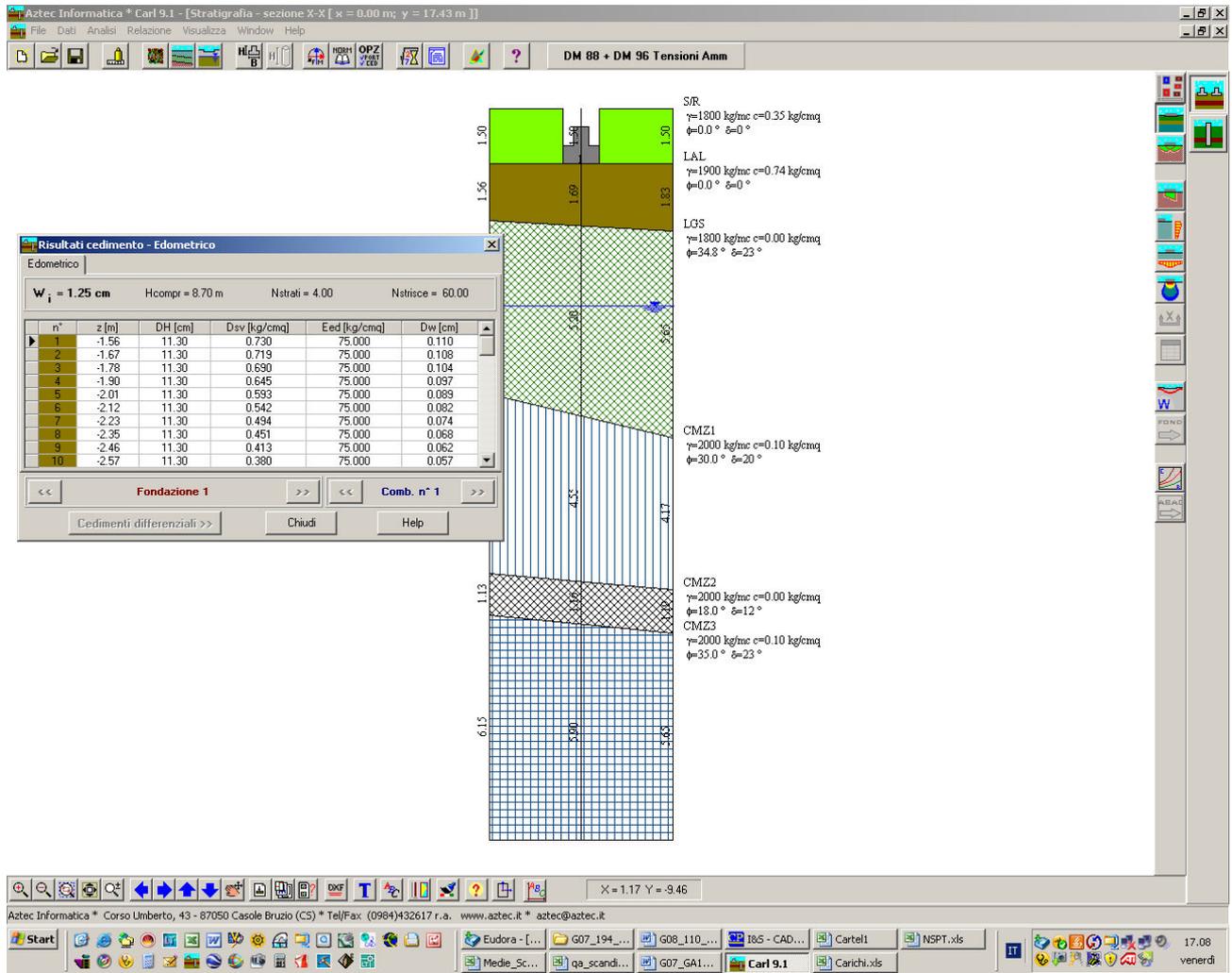
$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove: $\Delta \sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z , dalla pressione di contatto della fondazione; in allegato si riporta lo sviluppo analitico delle pressioni indotte. E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato **i-esimo**; Δz rappresenta lo spessore dello strato **i-esimo** in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

I cedimenti sono stati calcolati considerando le stratigrafie schematizzate nel paragrafo precedente; sono stati calcolati vari cedimenti (s-w) in funzione del carico trasmesso (Q_t) del piano di posa (D) e della larghezza della fondazione (B). Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è: 0,05 (%)

Il calcolo è stato eseguito con il software CARL 9.1 della società Aztec Informatica. Di seguito alcuni output di stampa.



Caso1

Nella tabella seguente sono riportati i valori del cedimento assoluto per carico trasmesso pari a 1.0 Kg/cmq.

Qt (Kg)	qt (Kg/cmq)	B (m)	D (m)	s - w (cm) - Cedimento edometrico
350000	1.00	1.0	1.5	1.25

Caso2

Nella tabella seguente sono riportati i valori del cedimento assoluto per carico trasmesso pari a 1.4 Kg/cmq.

Qt (Kg)	qt (Kg/cmq)	B (m)	D (m)	s - w (cm) - Cedimento edometrico
490000	1.40	1.0	1.5	2.03

F. CONSIDERAZIONI FINALI E FATTIBILITA' GEOLOGICA

Lo studio e le indagini eseguite hanno permesso di evidenziare quanto segue.

- ⇒ L'area è ubicata in una zona in cui affiorano depositi AES7b "Unità di Vignola" (depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi) che presentano uno spessore massimo di 9.1 m. Tale unità sovrasta il substrato marino costituito da sabbie, argille e ghiaie del Sintema di Costamezzana (CMZ).
- ⇒ Il Comune di Scandiano in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003, viene classificato in prima applicazione in **zona 3**.
- ⇒ Le indagini geognostiche reperite hanno consentito di identificare la situazione litostratigrafica dell'area di seguito descritta. Il primo livello (**S**) presenta spessore variabile da 1.0 a 2.0 m ed è ascrivibile al suolo granulometricamente costituito da argilla e limo con ciottoli e sabbia, frammenti lapidei e di laterizi e presenza di elementi organici e radici. Questo livello è in parte interessato da riporti di origine antropica. Tale orizzonte sovrasta un livello (**ALS**) costituito da argilla limosa e limo argilloso e sabbia con ciottoli che raggiunge la profondità massima di 3.5 m da p.c.. Al di sotto si individua un livello costituito da ghiaie sabbiose grano-supportate localmente a matrice limo-sabbiosa abbondante (**LGS**) che raggiunge le profondità massime indagate con le prove penetrometriche dinamiche e si ritrova fino alla profondità massima di 9.10m da p.c. nel sondaggio1. I sondaggi evidenziano a profondità maggiori (fino a 13.20 m da p.c.) la presenza di sabbia limosa e limo sabbioso di colore nocciola chiaro. In entrambi i sondaggi a profondità comprese tra 13.20-14.40 in S1 e tra 12.85-14.00 in S2 si individua un orizzonte, granulometricamente costituito da sabbie e ghiaietto, particolarmente ricco in resti organici e legno. Alla base, questo livello assume colorazione nera ed è quasi completamente costituito da

materiale organico. Il materiale sottostante a questo livello fino alla profondità massima indagata è costituito da ghiaia e sabbia in matrice limo argillosa con variazioni nella colorazione legate anche alla presenza di alterazione e ossidazione.

Sigla	Profondità m (S1)	Profondità m (S2)	Unità geologica
S	0.00-2.00	0.00-1.90	AES7
Als	2.00-3.36	1.90-3.50	AES7
LSG1	3.36-9.10	3.50-8.15	AES7
A	9.10-9.40		CMZ
LS (CMZ1)	9.40-13.20	8.15-12.85	CMZ
OR (CMZ2)	13.20-14.40	12.85-14.00	CMZ
LGS2 (CMZ3)	14.40-20.00	14.00-20.00	CMZ

- ⇒ Le indagini eseguite hanno rilevato la presenza della falda posta ad una quota di 5.4 m dal pc (le indagini bibliografiche evidenziano soggiacenze pari a 3.9 m dal pc). Non si esclude la possibilità che durante eventi meteorici occasionali o in corrispondenza di periodi particolarmente piovosi il livello piezometrico possa risalire a quote più elevate.
- ⇒ Sulla base della stratigrafia individuata e di indagini sismiche MASW eseguite nell'area in esame è stato determinato un valore della V_{S30} pari a 376 m/s che consente di classificare il terreno di fondazione come terreno tipo B.
- ⇒ L'elaborazione dei dati ottenuti attraverso prove eseguite in sito hanno permesso di caratterizzare dettagliatamente il terreno:

Parametri S	Parametri LA	Parametri LSG
$\gamma = 2.0$ t/mc	$\gamma = 1.9$ t/mc	$\gamma = 1.75$ t/mc
$C_u = 0.35$ Kg/cmq	$C_u = 0.74$ Kg/cmq	$C' = 0.00$ Kg/cmq
$\phi' = -^\circ$	$\phi' = -^\circ$	$\phi = 34.8^\circ$
$M = 35-45$ Kg/cmq	$M = 60-80$ Kg/cmq	$E = 49$ MPa
Dove: γ = peso di volume C_u = Resistenza al taglio in condizioni non drenate C' = Coesione in condizione drenata ϕ' = angolo di attrito efficace M = Modulo Edometrico E = Modulo Elastico		

⇒ L'analisi esemplificativa sulle fondazioni ha permesso di individuare una profondità minima di incastro della fondazione pari a **1.5 m**. Le analisi eseguite individuano quindi valori di q_a (capacità portante ammissibile) variabili da 1.2 a 1.4 kg/cmq in funzione dell'incastro (D) e della larghezza (B).

D – Profondità (m) =	1.50			
B (m) =	0.80	1.00	1.20	1.50
Qa Kg/cmq	1.274	1.275	1.277	1.279
Qa Kg/cmq (sismica)	1.256	1.257	1.259	1.261

D – Profondità (m) =	2.00			
B (m) =	0.80	1.00	1.20	1.50
Qa Kg/cmq	1.465	1.466	1.468	1.470
Qa Kg/cmq (sismica)	1.413	1.415	1.416	1.419

⇒ Date le condizioni litologiche locali, presenza di terreni argillosi posti sotto la fondazione e terreni organici reperiti a -13/14 m dal pc, sono state eseguite verifiche sui cedimenti delle fondazioni per verificare la compatibilità delle capacità portanti calcolate in funzione di un cedimento ammissibile. In prima analisi sono stati calcolati i bulbi di influenza per differenti carichi per escludere i carichi che possono interessare l'orizzonte organico; in seconda analisi sono stati calcolati i cedimenti assoluti della fondazione. Le verifiche eseguite suggeriscono di evitare carichi superiori a 1.0 kg/cm, il cedimento assoluto corrispondente è risultato pari a 1.25 cm. Data la presenza in superficie di riporti è opportuno posizionare le fondazioni ad una profondità minima di 1.5 m dal pc.

In considerazione di quanto sopra esposto si ritiene l'opera geologicamente, sismicamente e geotecnicamente compatibile.

Parma, Luglio 2008

Dott. Geol. Giancarlo Bonini