

Nuova scuola media Enrico Panzacchi

Viale Il Giugno, 49 - Ozzano dell'Emilia



committente

Comune di Ozzano dell'Emilia

Via della Repubblica, 10

responsabile unico del procedimento

ing. Chiara De Plato

raggruppamento temporaneo di professionisti

_progettazione architettonica

AREA PROGETTI srl Arch. Giorgio Gazzera

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

Archisbang associati Arch. Silvia Minutolo, Arch. Marco Gai Via

Via Bogino 4, 10123 Torino, tel. 011 026 7246, info@archisbang.com

_progettazione strutturale

AREA PROGETTI srl Ing. Marco Cuccureddu

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione impianti meccanici, elettrici e speciali

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni, Ing. Gabriele Pisani

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione antincendio

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione urbanistica

arch. Andrea Cavaliere

Via Cassini 43 - 10129 Torino, tel. 3284240491, archicavaliere@gmail.com

_consulenza LEED

arch. Elisa Sirombo

Via Stampatori 21, 10122 Torino, tel. 3356277109, elisa.sirombo@gmail.com

_piano di sicurezza e coordinamento

AREA PROGETTI srl Arch. Domenico Racca

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

consulenti

_arch. Chiara Devecchi (progettazione acustica)

Via Principi d'Acaja 19, 10138 Torino, tel. 011 4172277, devecchichiara@yahoo.it



archisbang

AREAPROGETTI
architettura e ingegneria

pratica PAN_01

fase PE_Progetto Esecutivo

oggetto REL_GEO - Relazione Geologica

elaborato Relazione geologica, geotecnica-sismica: Geologica

file PAN_01_PE_ST_Z_0000_REL_GEO_a

scala -

data 13 gennaio 2020

rev.	data	redatto	verificato	approvato	oggetto revisione
	13/01/20	mc	mc	gg	prima emissione
a	27/03/20	mm	mc	gg	modifiche non sostanziali

L'UTILIZZO E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATE A NORMA DI LEGGE

ST_Z_0000

Relazione geologica, geotecnica-sismica: Geologica



Dott. Geol. Andrea Scaglioni
Studio di Geologia

40139 BOLOGNA - Via Milano, 17
cell. 3495985869 - E-mail: scageo@libero.it
P.IVA: 02076131206
C.F. SCGNDR61D29A944Q

COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA

PROVINCIA DI BOLOGNA

**PROGETTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA SCUOLA
MEDIA PANZACCHI, SITA IN VIALE II GIUGNO N.49**

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA-SISMICA

Committente: Comune di Ozzano dell'Emilia

Dott. Geol. Andrea Scaglioni
Studio di Geologia Tecnica

Bologna, Novembre 2018

**PROGETTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA SCUOLA
MEDIA PANZACCHI, SITA IN VIALE II GIUGNO N.49**

RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	2
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	4
3.1 Litostratigrafia quaternaria	5
3.2 Litostratigrafia superficiale	9
4. INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO	11
4.1 Pericolosità e classificazione sismica	15
5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E GEOMORFOLOGICO	18
6. ASSETTO IDROGEOLOGICO	19
7. INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA.....	20
7.1 Sondaggi geognostici	22
7.2 Prove di laboratorio.....	24
7.3 Prove penetrometriche statiche esistenti	26
7.4 Indagini sismiche esistenti	28
7.4.1 Pericolosità sismica locale – Valutazioni preliminari.....	30
8. MODELLO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO	30
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	32

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Ozzano dell'Emilia, è stata redatta la presente relazione geologica riguardante il progetto di demolizione e ricostruzione della Scuola Media Panzacchi sita in viale Il Giugno n.49, nel territorio comunale di Ozzano dell'Emilia. Al riguardo, si evidenzia come in corrispondenza dell'area di sedime della Scuola in oggetto sia già stata eseguita nel 2010 un'indagine geognostica¹ nell'ambito di uno studio finalizzato al miglioramento sismico della struttura. A seguito delle verifiche effettuate e delle carenze di tipo strutturale evidenziate, il Comune ha poi deciso di prevedere la demolizione e la successiva ricostruzione del complesso scolastico; in tale ottica, su indicazione dei progettisti incaricati, è stata evidenziata la necessità di procedere all'esecuzione di un'indagine geognostica integrativa, condotta dallo scrivente nel mese di novembre del corrente anno. Scopo dell'indagine è stato quello di investigare, sulla base dello sviluppo plani-volumetrico del nuovo complesso scolastico, i terreni di sedime della struttura non direttamente indagati nel corso della precedente indagine, così da definire in maniera più esaustiva il locale assetto litostratigrafico e geomeccanico e ricostruire il modello geotecnico del volume significativo di terreno.

Tenendo conto di quanto sopra esposto, la presente Relazione Geologica si propone, attraverso l'analisi e l'elaborazione di dati dedotti dalla letteratura e dalla cartografia tematica, di illustrare i principali elementi geologici, geomorfologici, strutturali e sismici dell'area e di caratterizzare da un punto di vista litostratigrafico i terreni presenti in sito, definendo il locale modello geologico. Nella successiva Relazione Geotecnica-Sismica, sulla base delle indagini condotte, verranno evidenziate in maniera più specifica le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni ricadenti nel volume significativo, ovvero nella porzione di sottosuolo più direttamente influenzata dalla costruzione del manufatto, individuando le diverse unità litotecniche presenti al fine di definire in maniera più esaustiva il modello geotecnico del sottosuolo necessario alla progettazione. Nella stessa relazione, attraverso l'analisi e l'elaborazione dei dati disponibili in letteratura e di quelli acquisiti dalle indagini geofisiche condotte in sito, verrà proposta la caratterizzazione "sismica" dei terreni interessati dall'intervento, valutandone la pericolosità sismica locale attraverso la definizione dell'azione sismica e dei possibili "effetti di sito" che, potenzialmente, potrebbero manifestarsi in conseguenza di uno scuotimento sismico.

¹ STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEO-PROBE: "Studio geologico-tecnico dei terreni del primo sottosuolo di un'area sita in via Il Giugno n.49, sulla quale è in progetto il miglioramento sismico di un fabbricato ad uso scolastico", Luglio 2010

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame, ricadente nella fascia di alta pianura delimitata dal T. Idice verso O, dal T. Quaderna verso E, dalla S.S. n.9 "via Emilia" verso N e dal margine pedecollinare verso S, è ubicata nella porzione centrale del territorio comunale di Ozzano dell'Emilia, all'interno dell'area urbanizzata del capoluogo, immediatamente a N di viale Il Giugno.

L'inserimento del sito nell'assetto territoriale esistente, con l'individuazione del complesso scolastico oggetto d'indagine, è rappresentato nella vista area di fig.1, mentre per quanto riguarda la rappresentazione cartografica, l'area di studio è individuabile sulla tavoletta n. 221SO "Bologna Sud-Est" in scala 1:25.000 e sull'elemento n. 221141 "Ozzano dell'Emilia" in scala 1:5.000, così come riportato nelle corografie di fig.2 e fig.2a.



fig. 1 Inserimento dell'area di studio nel contesto territoriale esistente
da Google Earth (ripresa 2018) - scala 1:5.000

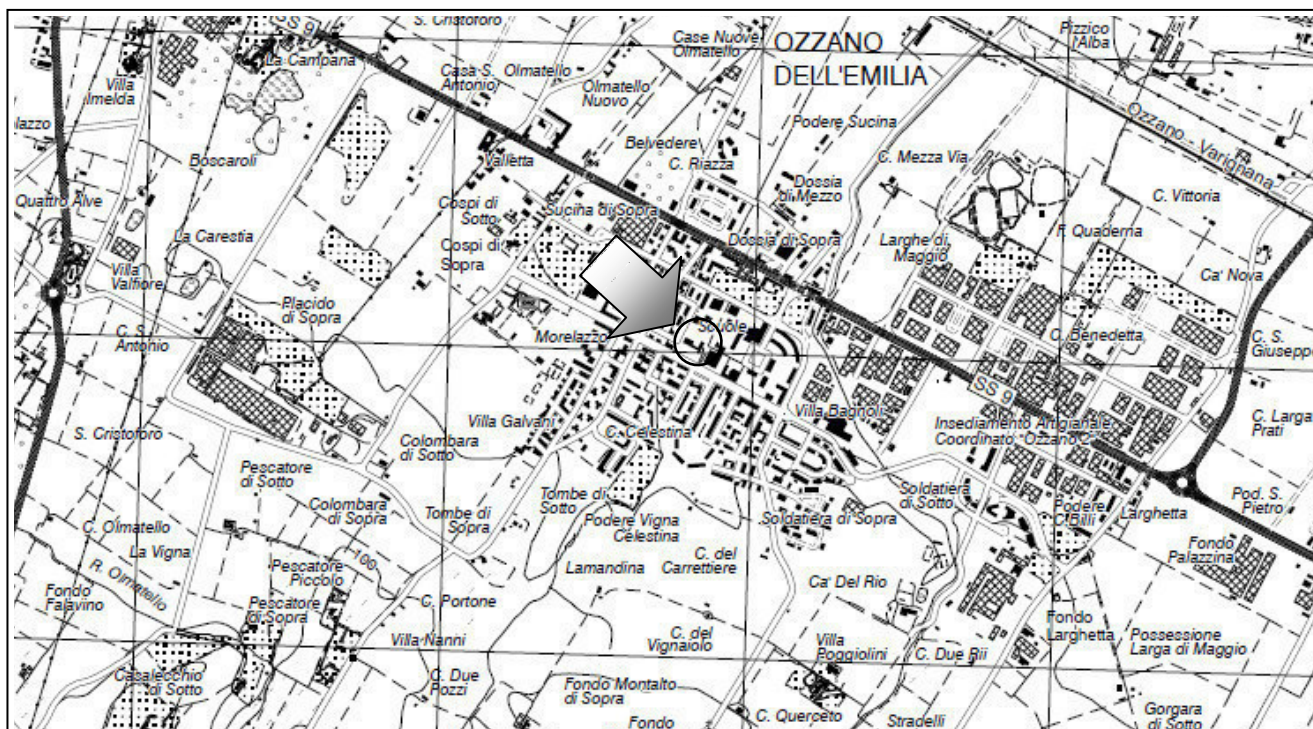


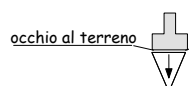
fig. 2 Corografia area d'indagine
stralcio tav. 221SO "Bologna Sud-Est"
scala 1:25.000

○ Area oggetto d'intervento



fig. 2a Corografia area d'indagine
stralcio C.T.R. elem. 221141 "Ozzano dell'Emilia"
scala 1:5.000

○ Sito oggetto d'intervento



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area ospitante il sito oggetto di studio, ubicata, come già ricordato, in corrispondenza della fascia di alta pianura compresa tra il T. Idice ad O ed il T. Quaderna ad E, costituenti i due principali elementi idrografici dell'ambito territoriale in esame, ricade, da un punto di vista geologico-strutturale, in corrispondenza della porzione meridionale del settore emiliano del bacino sedimentario padano. Si tratta di un ambito ben conosciuto, per il quale sono stati prodotti numerosi studi di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico. Tali studi hanno portato alla definizione di un quadro abbastanza unitario ed omogeneamente accettato, secondo il quale la formazione della pianura emiliana, al cui margine è situata la porzione di territorio ospitante l'area in esame, risulta essere connessa all'evoluzione tettonico-sedimentaria del bacino padano che, come noto, si ricollega alla tettonica di embricazione che ha caratterizzato l'evoluzione dell'Appennino. In tal senso, le prospezioni geofisiche ed i sondaggi effettuati per la ricerca di idrocarburi hanno evidenziato che anche a N del margine pede-appenninico, la struttura tettonica dell'Appennino prosegue, sepolta in pianura, per circa 35-40 chilometri, fino a lambire, nell'area modenese-ferrarese, il F. Po, dove il vero fronte appenninico sovrascorre sulla piattaforma padano-veneta (figura 3).

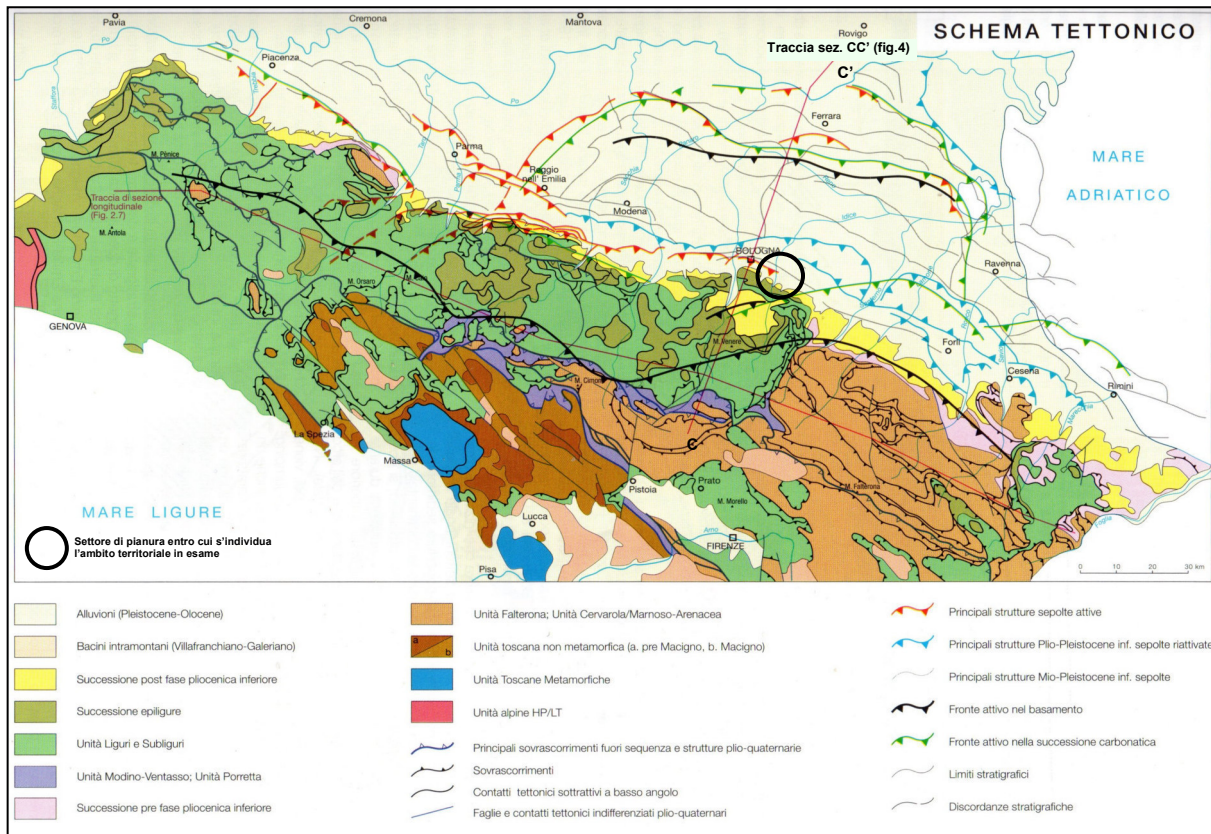


fig. 3 Schema tettonico
(da Note Illustrative della Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna. scala 1:250.000)

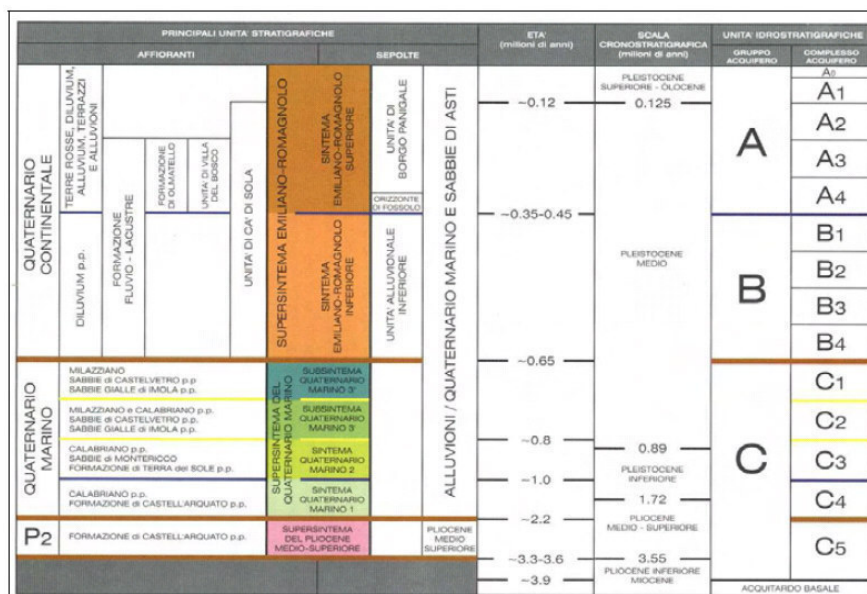


fig. 5 Schema geologico-stratigrafico della pianura emiliano-romagnola (da Riserve idriche sotterranee della Emilia-Romagna; R.E-R & ENI-AGIP, 1998)

L'assetto schematizzato evidenzia le principali unità stratigrafiche, definendone la gerarchia in termini di Sequenze Deposizionali. Secondo lo schema riportato, i depositi plio-quaternari di riempimento del bacino padano possono essere suddivisi, sulla base delle principali superfici di discontinuità riconosciute, in 3 Sequenze Principali, ovvero in 3 Supersintemi (o Allogruppi), secondo la terminologia delle Unconformity Bounded Stratigraphic Units (UBSU) utilizzata nella cartografia geologica di base della pianura (Carta Geologica in scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna):

1. Supersintema del Pliocene medio-superiore;
2. Supersintema del Quaternario Marino;
3. Supersintema Emiliano-Romagnolo.

Tali sequenze rappresentano, da un punto di vista sedimentologico, la risposta alle tre principali fasi tettoniche di sollevamento regionale verificatesi, la prima tra circa 3.9 e 3.4 milioni di anni, la seconda tra 2.4 e 2.2 m.a., e la terza tra 0.80 e 0.65 m.a. La presenza di superfici di discontinuità minori, legate a eventi tettonici secondari a carattere più locale, o ad oscillazioni climatiche-eustatiche, hanno poi permesso di suddividere le Sequenze Principali in sequenze di rango inferiore, ovvero in Sintemi e Subsintemi.

Tralasciando le due sequenze più antiche (Supersintema del Pliocene medio-superiore e Supersintema del Quaternario Marino), di scarso interesse per il presente studio data la profondità di rinvenimento, si riportano di seguito i principali elementi caratterizzanti il Supersintema Emiliano-Romagnolo (SER), corrispondente alla porzione sommitale dei sedimenti di riempimento del bacino padano (figura 6).

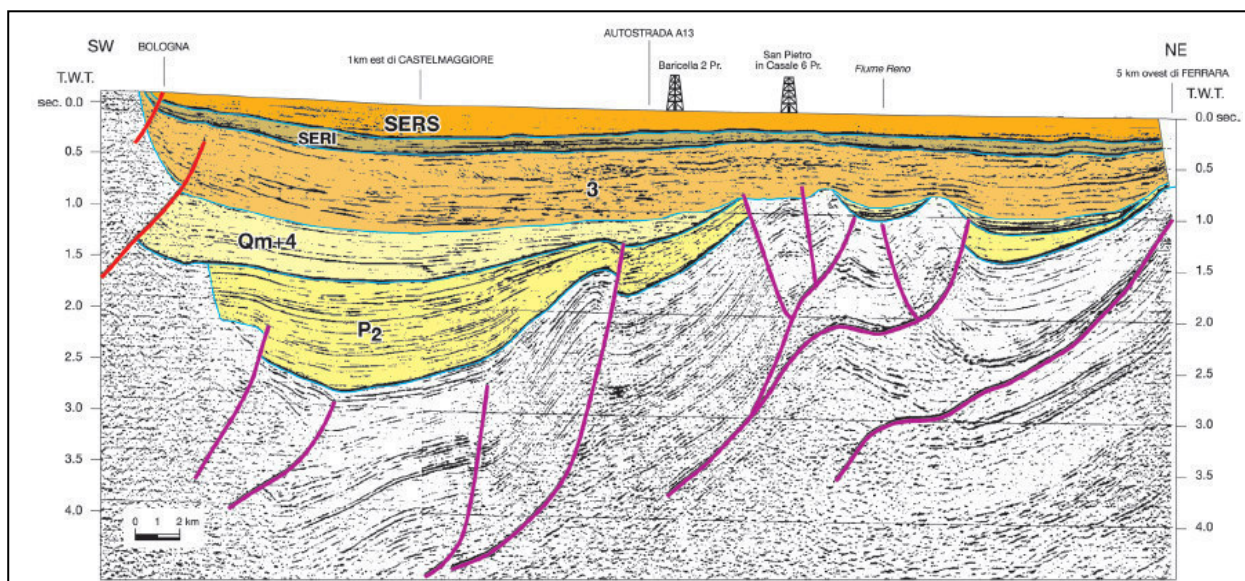


fig. 6 Profilo sismico interpretato della pianura bolognese-ferrarese (per simbologie si veda figura 7)
(Riserve idriche sotterranee della Emilia-Romagna; R.E-R & ENI-AGIP, 1998)

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo, la cui deposizione è avvenuta nella fase di subsidenza bacinale e quiescenza seguita all'evento tettonico di sollevamento regionale del Pleistocene inferiore-medio (circa 0.80-0.65 m.a.), è suddiviso in due Sintemi; il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (SERI), compreso tra 0.65 e 0.45 m.a., e il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS), delimitato al tetto dal piano campagna, compreso tra 0.45 m.a. e l'attuale.

La sequenza è definita, nel suo complesso, dall'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti sul margine appenninico-padano e dei sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura e del mare.

Nell'ambito del settore di pianura ospitante il sito in esame, i sedimenti appartenenti al Supersistema Emiliano-Romagnolo costituiscono un cuneo sedimentario, caratterizzato da una porzione prossimale a prevalente sedimentazione grossolana di conoide alluvionale, e da una zona distale, contraddistinta da depositi più fini di piana alluvionale. Entrambi i Sintemi risultano essere caratterizzati dall'alternanza ciclica di corpi fini e grossolani, di spessore generalmente pluridecimetrico. Le porzioni inferiori dei cicli sono costituite, prevalentemente, da limi ed argille di piana alluvionale, cui s'interpongono in maniera discontinua rari corpi ghiaiosi e/o sabbiosi; le porzioni superiori sono, invece, costituite in maniera prevalente da ghiaie e subordinate sabbie, riconducibili ai corpi conoidali alluvionali dei principali corsi d'acqua appenninici, cui s'interpongono localmente corpi più fini, a prevalente caratterizzazione limoso-argillosa, riconducibili ai sistemi di interconoide.

La geometria, lo spessore e la caratterizzazione litologica prevalente dei sedimenti appartenenti al Supersintema Emiliano-Romagnolo, può essere desunta dalle sezioni idrostratigrafiche riportate nello studio “Riserve Idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998), rilevandosi una stretta correlazione tra sequenze deposizionali (Unità Stratigrafiche) e Unità Idrostratigrafiche (vedi figura 5); quest’ultime, suddivise in 3 Gruppi Acquiferi principali, denominati informalmente A, B e C, si costituiscono di complessi acquiferi² multifalda³, comprendenti una o più sequenze deposizionali, la cui compartimentazione verticale è definita dalla presenza di livelli geologici basali scarsamente permeabili (acquitardo⁴) o impermeabili (acquicludo⁵), arealmente continui.

Al riguardo, in figura 7 si riporta il tratto della sezione n. 5 ritenuta più significativa per l’area di studio; dal tratto di sezione considerata (vedi figura 8), si può rilevare come il sito, ricadente a N del margine pede-appenninico, tra i sistemi fluviali del T. Idice e del T. Quaderna, sia caratterizzato da un accumulo di sedimenti (riconducibili ai gruppi acquiferi A e B rappresentati in figura) mediamente compreso tra 50 e 150 metri circa di spessore, rapidamente crescente da S verso N. Prendendo come riferimento il pozzo 221140P624, ubicato in località La

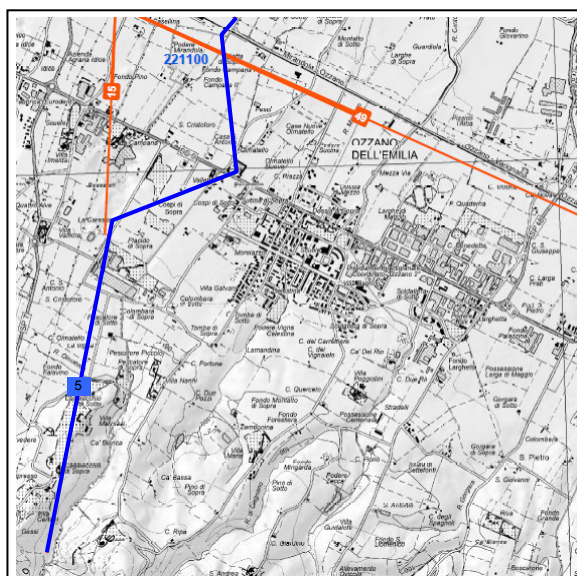


fig.7 Ubicazione sezioni idrostratigrafiche

Valletta, si può evidenziare come i sedimenti presenti nella fascia immediatamente a S dello stesso siano costituiti, nel complesso, da un’alternanza di corpi ghiaioso-sabbiosi, tendenzialmente più rappresentati nell’unità superiore (gruppo acquifero A), e corpi limoso-argillosi, tendenzialmente più abbondanti nell’unità inferiore (gruppo acquifero B), poggianti su un substrato costituito, nella porzione sommitale, da

² **Acquifero**: formazione o corpo geologico permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d’acqua con pozzi o sorgenti

³ **Falda**: massa idrica che permea le porzioni saturate dell’acquifero e che viene sostenuta da livelli impermeabili. Si definisce libera (superficiale) quando il limite superiore è costituito dalla zona di aerazione ed è sottoposto alla normale pressione atmosferica, mentre il limite inferiore è costituito da un livello impermeabile. Si definisce in pressione o confinata (profonda), se il limite superiore è costituito da un corpo impermeabile che ne impedisce l’innalzamento; in questo caso, la perforazione dello strato superiore, per esempio ad opera di un pozzo, provoca la risalita dell’acqua verso l’alto, risalita tanto più elevata quanto maggiore è la pressione. Una falda, in genere di limitata estensione, mantenuta al di sopra della normale falda libera da uno strato relativamente impermeabile viene definita falda sospesa

⁴ **Acquitardo**: strato, orizzonte o livello che ritarda ma non impedisce il movimento dell’acqua da o verso un adiacente acquifero

⁵ **Acquicludo**: strato, orizzonte o livello che non può immagazzinare o trasmettere acqua

prevalenti sabbie di ambiente marino litorale (Sabbie di Imola, riconducibili al gruppo acquifero C).

3.2 Litostratigrafia superficiale

Come già anticipato al punto precedente, la successione di depositi continentali di riempimento del bacino padano (SER) risulta essere costituita da due sequenze di rango inferiore denominate, rispettivamente, Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, compreso tra 0.65 e 0.45 m.a., e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore, compreso tra 0.45 m.a. e l'attuale, entrambe caratterizzate dalla alternanza ciclica di corpi fini e grossolani, di spessore generalmente pluridecametrico.

Per quanto riguarda la litostratigrafia superficiale, ovvero quella pertinente alle unità pleistoceniche-oloceniche del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore, più interessanti ai fini delle valutazioni litostratigrafiche e sismiche trattate nella presente relazione, è già stato ricordato che l'area entro cui ricade la zona oggetto di studio risulta essere caratterizzata dalla presenza di sedimenti

di origine fluviale distribuiti secondo alternanze di litotipi a diversa granulometria, organizzati in strati a geometria variabile, talora lenticolare, e quindi arealmente discontinui, in cui i rapporti tra le diverse litologie sono da ricondurre all'evolversi di un ambiente caratterizzato da energie di trasporto e da modalità deposizionali variabili nel tempo. Più in particolare, nelle aree meridionali a ridosso della fascia pedecollinare, al cui margine si individua anche il sito oggetto di studio, i sedimenti risultano essere organizzati in cicli sequenziali costituiti da corpi ghiaioso-sabbiosi o sabbioso-limosi, associati a subordinati sedimenti limoso-argillosi, cui si interpongono localmente zone caratterizzate da sequenze più omogenee di prevalente natura

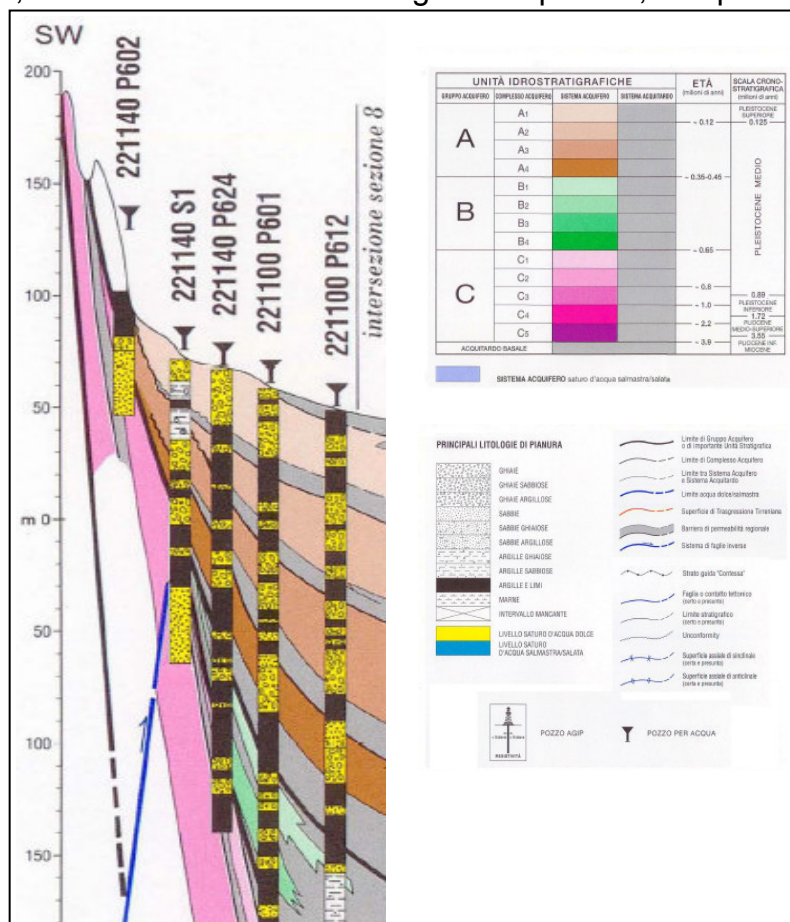


fig. 10 Sezione idrostratigrafica n.5 (tratto di interesse)
(da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna, RER-ENI, 1998)

pelitica e pelitica-sabbiosa. I corpi costituiti dai termini più grossolani, che risultano orientati prevalentemente secondo una direzione antiappenninica (SO-NE), più o meno coincidente con quella delle attuali aste vallive e che si rinvencono a profondità progressivamente crescenti verso N, rappresentano i sistemi deposizionali dei conoidi dei principali corsi d'acqua provenienti da S, riconducibili, nell'area in esame, al T. Idice e al T. Quaderna, i cui attuali alvei di scorrimento s'individuano, rispettivamente, circa 2.7 Km. verso O e 2.8 Km. verso E, mentre le zone costituite da termini più francamente pelitici testimoniano l'esistenza di settori interconoidali variamente estesi, dove ai sedimenti eventualmente ancora riconducibili a divagazioni e migrazioni laterali dei principali corsi d'acqua, spesso costituiti da corpi lenticolari e nastriformi, si associano, soprattutto superficialmente, quelli attribuibili ai sistemi deposizionali dei corsi d'acqua minori. In tal senso, il sito oggetto d'indagine dovrebbe collocarsi all'interno del Sistema di Interconoide dell'elemento idrografico Idice-Quaderna e, conseguentemente, la caratterizzazione e la distribuzione dei sedimenti del primo sottosuolo dovrebbe essere ricondotta alla dinamica fluviale tardo quaternaria dei suddetti corsi d'acqua e, relativamente alla porzione più superficiale, degli apparati distributori secondari compresi tra gli stessi, tra cui il Rio Centonara Ozzanese, il cui attuale alveo di scorrimento s'individua circa 350 metri ad E del sito, ed il Rio Marzano, posizionato circa 150 metri ad O dello stesso.

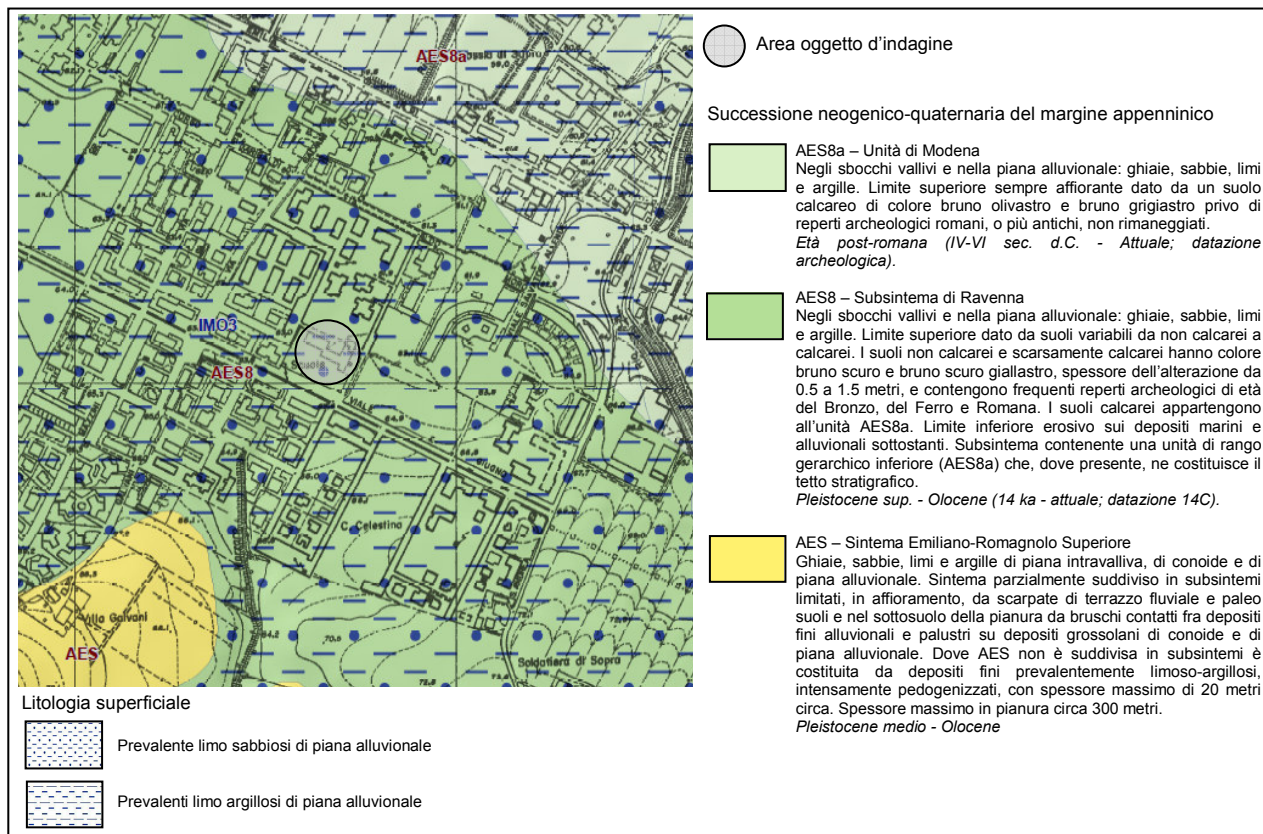


fig. 9 Carta geolitologica
stralcio Carta Geologica Regionale – scala 1:10.000

Sulla base di quanto sopra esposto e così come rappresentato nella cartografia tematica disponibile⁶ (fig.9), i sedimenti presenti nel primo sottosuolo, attribuibili al cosiddetto “Subsintema di Ravenna”, corrispondente all’unità litostratigrafica più recente (circa 14.000 anni-Attuale), del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore, dovrebbero essere caratterizzati, superficialmente, da depositi di piana alluvionale (sistema di interconoide) costituiti da prevalenti litotipi a tessitura fine e medio-fine, di natura limoso-argillosa e limoso-sabbiosa, con possibili sottili intercalazioni sabbiose e/o ghiaioso-sabbiose. Quest’ultime dovrebbero divenire più frequenti e spesse a maggiori profondità, presumibilmente già a partire da 15-20 metri dal piano campagna, in relazione alla presenza più estesa di lobi di accrescimento dei conoidi riferibili ai corsi d’acqua precedentemente citati, interessati, nel corso del Quaternario, da successive fasi di avanzamento ed arretramento.

4. INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO

L’Emilia-Romagna che, come visto precedentemente, ricade quasi per intero nel dominio strutturale della catena appenninica esterna, presenta, nel complesso, una sismicità frequente che, rispetto alla sismicità nazionale, può essere definita media, con eventi storici contraddistinti da una magnitudo massima compresa mediamente tra 5.5 e 6.0 della scala Richter ed intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS). La distribuzione spaziale dei terremoti rispecchia la distribuzione e la frequenza delle principali strutture attive riconosciute sul territorio che risultano essere localizzate in corrispondenza di tre distinti settori (fig.10):

- il crinale appenninico, coincidente grossomodo con il fronte di accavallamento delle unità tettoniche Cervarola e Falterona sulle Liguridi (settore emiliano) e sulla Marnoso-Arenacea (settore romagnolo);
- il margine appenninico-padano;
- alto delle Pieghe Emiliane, Ferraresi e Romagnole.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri posti mediamente a profondità inferiore a 15 Km., risulta molto diffusa nei settori di catena, mentre appare più localizzata nelle aree di pianura, come in corrispondenza degli archi emiliano-ferraresi. Analoga distribuzione, ma con una densità minore, presenta la sismicità crostale, cioè caratterizzata da ipocentri mediamente compresi tra 15 e 35 Km. di profondità.

⁶ Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:10.000 – Servizio Geologico Sismico e dei Suoli

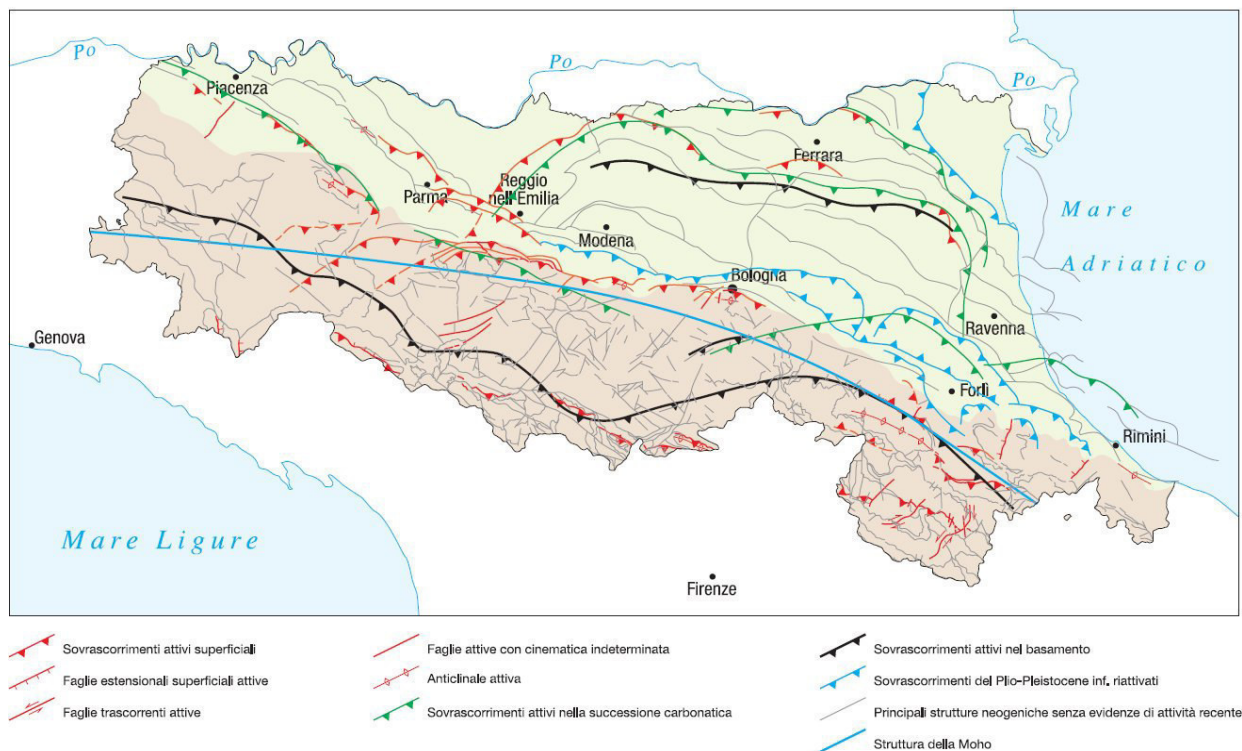


fig. 10 Principali strutture tettoniche
(da Note Illustrative della Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna, scala 1:250.000)

Per quanto riguarda, infine, la sismicità legata alle strutture più profonde, caratterizzata da sismi con ipocentri posti tra 35 e 50 km., i settori più attivi sono quelli di catena e del margine appenninico-padano. Tale assetto si riflette nella distribuzione dei sismi di magnitudo maggiore ($M > 5.5$) che risultano essere concentrati, soprattutto, in corrispondenza del settore sud-orientale (Appennino romagnolo e costa riminese); sismi di magnitudo abbastanza elevata, anche se raramente maggiore di 5.5, si sono manifestati con una certa frequenza anche lungo il margine appenninico-padano, soprattutto tra Fiorenzuola e Bologna, il crinale appenninico e le dorsali emiliano-ferraresi (vedi eventi del maggio-giugno 2012) e romagnole.

L'area ospitante il sito in esame ricade, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), sul margine nord-orientale della zona 913 (fig. 11), quasi al confine delle zone 912 e 914.

La zona d'appartenenza, legata al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione sotto la catena appenninica, rientra in una fascia intermedia per la quale il regime di stress tettonico è prevalentemente a carattere distensivo verso il settore tirrenico e a carattere compressivo verso il settore adriatico.

Nell'ambito di studio, i meccanismi di rottura sono rappresentati, in prevalenza, da faglie inverse a direzione appenninica, associate al sistema di pieghe e sovrascorrimenti di età plio-pleistocenica facenti parte del cosiddetto Sovrascorrimento Frontale Pedeappenninico (Pede-Appenninic Thrust Front) già richiamato al punto 3. Anche nelle adiacenti zone 914 e 912 il regime di stress tettonico è prevalentemente a carattere compressivo, così come confermato anche in occasione dei sismi del maggio-giugno 2012 (zona 912) per i quali i meccanismi focali hanno evidenziato assi di massima compressione orientati circa N-S.

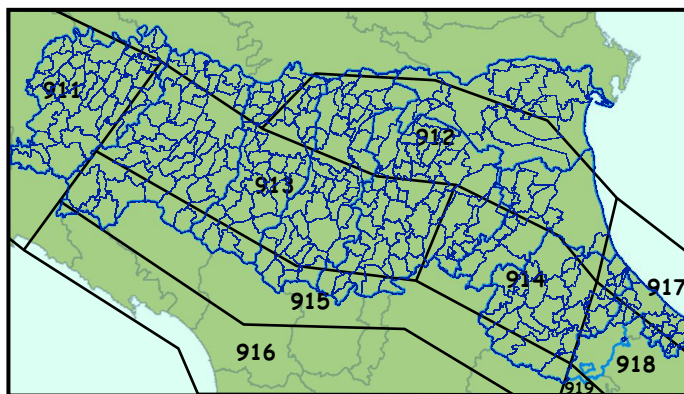


fig.11 Zone sismogenetiche d'interesse per la sismicità dell'Emilia-Romagna

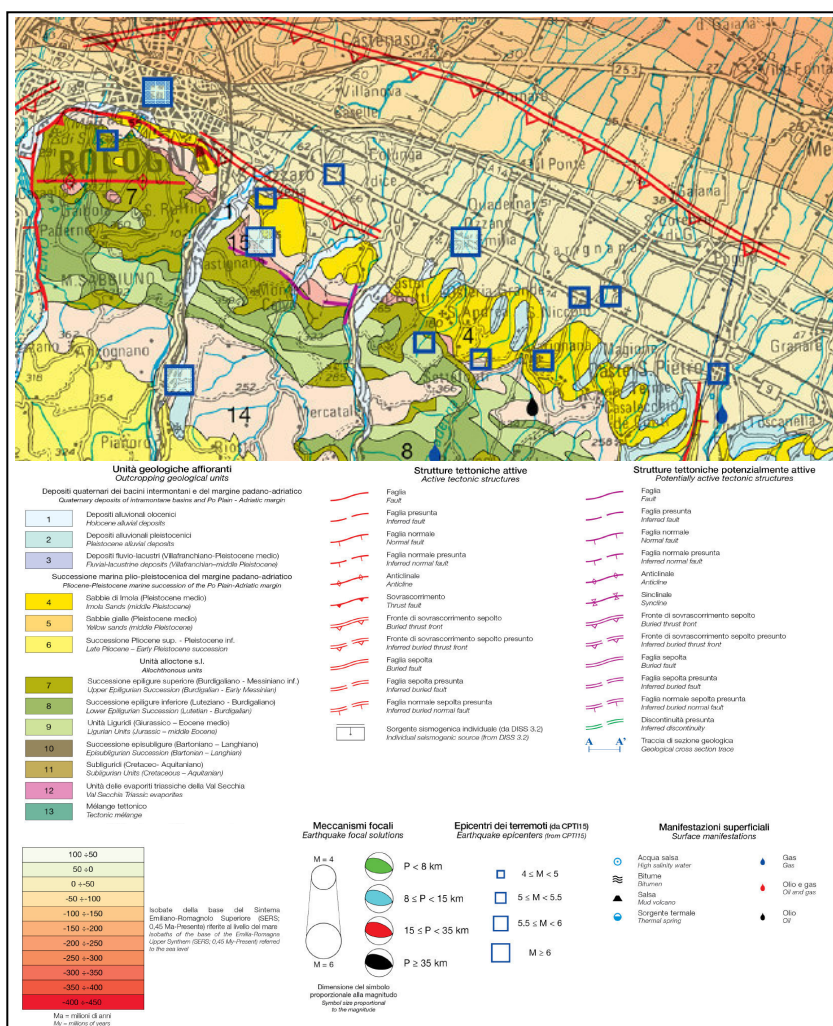


fig.12 da Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, 2016

Per quanto riguarda i sismi che hanno interessato l'area di studio, dall'esame della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (figura 12), si può evidenziare come gli epicentri dei principali terremoti, caratterizzati da valori massimi di magnitudo compresi tra 5.0 e 5.5, risultino essere distribuiti, prevalentemente, lungo il sistema di strutture tettoniche associate al Sovrascorrimento Frontale Pedeappenninico. Al riguardo, nella successiva tabella 1 si riporta l'elenco delle

osservazioni sismiche⁷ disponibili per Ozzano dell'Emilia (in grassetto) e per la vicina frazione di Quaderna relativa agli eventi superiori al V grado MCS (soglia di danno), manifestatisi negli ultimi 1000 anni [da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. – Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia].

Is = intensità al sito; Io = intensità epicentrale; Mw = Magnitudo momento								
Effetti						In occasione del terremoto:		
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	Area Epicentrale	Io
6	1878	03	12	21	36		Bolognese	6
6	1878	04	05	09	46		Bolognese	6
6	1881	01	24	16	14		Bolognese	7
5	1881	02	14	09	00		Appennino Bolognese	6
7	1929	04	10	04	44		Bolognese	6
								Mw
								4.84
								4.63
								5.22
								4.77
								5.05

tab. 1 Osservazioni sismiche disponibili per Ozzano dell'Emilia e Quaderna (CPTI15-DBMI15)

Come osservabile dai dati tabulati, la distribuzione territoriale degli eventi che hanno prodotto effetti significativi nell'area presa in esame evidenzia la correlazione tra sismi registrati e posizione ed andamento delle strutture tettoniche precedentemente evidenziate, individuando nella fascia pede-appenninica bolognese l'area sismogenetica più influente. Al riguardo, tra gli eventi responsabili dei risentimenti al sito di maggiore intensità, si segnala quello del 1929, per il quale le maggiori informazioni disponibili hanno consentito di individuare con più precisione la dislocazione degli epicentri delle diverse scosse. A conferma dell'importanza che rivestono, da un punto di vista neotettonico, le faglie allineate lungo il margine padano, dalla figura 13 si può rilevare come tali epicentri risultino essere prevalentemente dislocati lungo il margine dei rilievi collinari, sia verso SE (tra Bologna e Imola), che verso W (in corrispondenza dei territori comunali di Zola Predona e Bazzano).

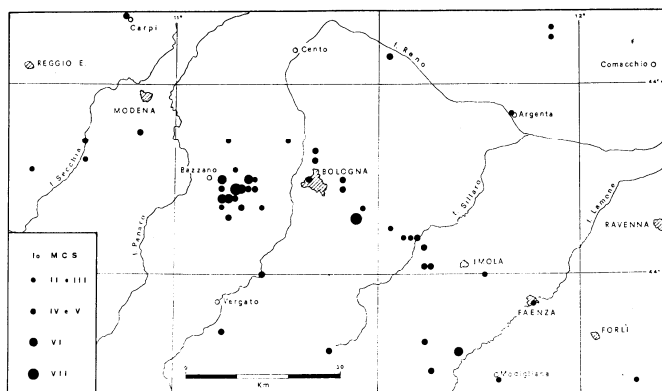


fig. 13 Carta degli epicentri per il periodo 1928-1932 (da I terremoti bolognesi del 1929, R. Camassi e D. Molin, 1994)

⁷ L'elenco non riporta gli effetti macrosismici locali (espressi in termini di intensità al sito) relativi agli ultimi eventi del maggio e giugno 2012 manifestatisi tra le province di Ferrara, Modena e Bologna, essendo generalmente inferiori o pari a 4 MCS.

4.1 Pericolosità e classificazione sismica

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata, genericamente, dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano. In termini più specifici, la pericolosità sismica rappresenta, secondo il metodo di valutazione più utilizzato, la probabilità che in una data area e in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una certa soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (a_g o PGA). La conoscenza del livello di pericolosità di un'area rappresenta sicuramente un elemento di primaria importanza, non solo nelle analisi di sito, cioè nelle valutazioni della pericolosità di un'area ristretta, finalizzate, per esempio, all'individuazione di siti idonei ad ospitare opere e manufatti di importanza strategica (centrali energetiche, ospedali, installazioni militari, ecc.), ma anche nell'ambito della pianificazione territoriale e urbanistica ai fini della zonizzazione del territorio (microzonazione sismica), ovvero per l'individuazione delle aree potenzialmente soggette ad amplificazione sismica in relazione alle locali condizioni geologiche e geomorfologiche.

Gli studi sulla pericolosità sismica condotti a livello nazionale sono stati utilizzati, dopo il sisma in Molise del 2003, per portare a termine la riclassificazione sismica del territorio nazionale secondo quattro diversi gradi di pericolosità in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in tal senso, sono state individuate 4 zone, ciascuna caratterizzata da uno specifico valore di accelerazione massima su bedrock (a_g): zona 1 – 0.35g; zona 2 – 0.25g; zona 3 – 0.15g; zona 4 – 0.05g.

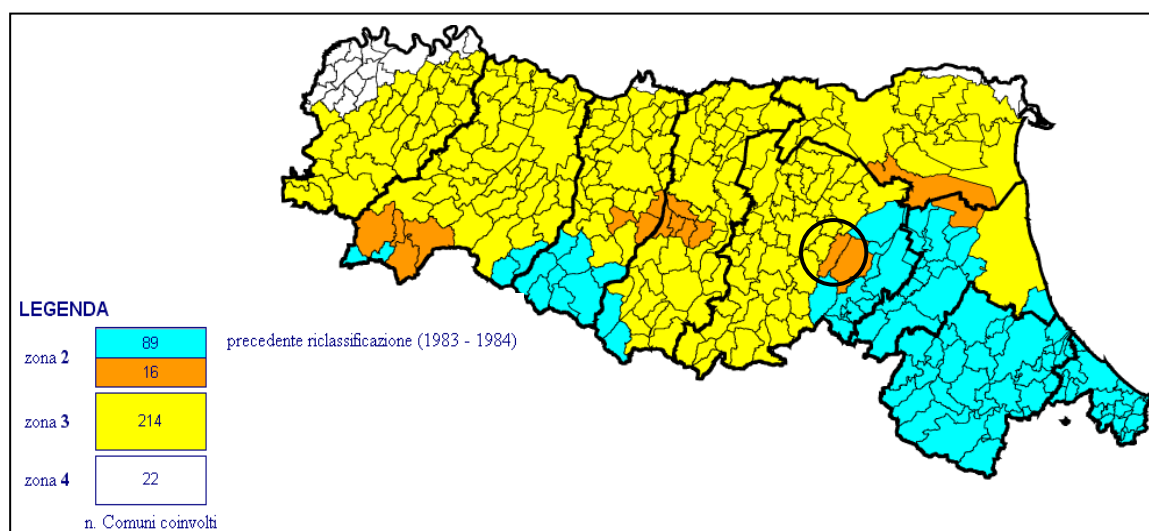


fig. 14 Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, PCM n.3274/2003

Con l'Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative

tecniche per le costruzioni in zona sismica” è stato stilato l’elenco di tutti i comuni indicando per ciascuno la relativa zona sismica d’appartenenza. Facendo riferimento a tale classificazione, il comune di Ozzano dell’Emilia è stato inserito in zona sismica 2 (fig. 14).

Con l’entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e, recentemente, del D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni, di seguito NTC18), è stato modificato l’impianto concettuale di attribuzione del grado di sismicità per i comuni che ricadono in diverse zone. Infatti, se all’origine della classificazione sismica vi era la necessità di suddividere i comuni per attribuire loro una zona, ovvero per attribuirvi l’azione sismica

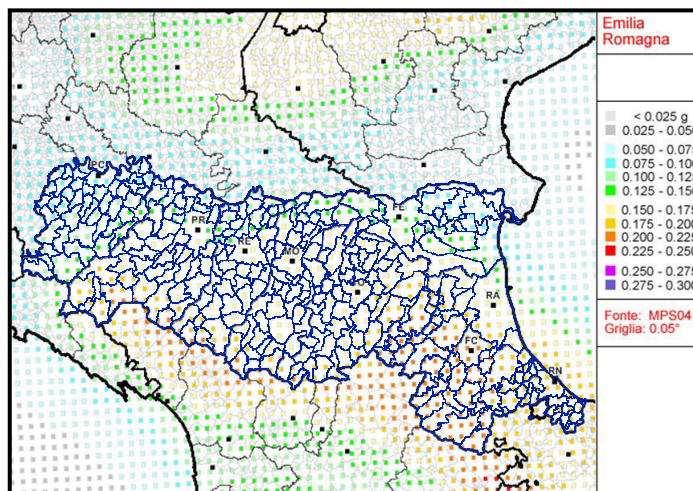


fig. 15 Mappa di pericolosità sismica di base per l’Emilia-Romagna e aree limitrofe
fonte: INGV – zonesismiche.mi.ingv.it

associata a quella zona, con la suddetta normativa l’azione sismica viene direttamente attribuita a partire dai dati di sito, sulla base delle relative coordinate. In tal senso, sulla base della nuova zonazione sismogenetica “ZS9”, più coerente con il quadro sismo-tettonico attualmente disponibile, e delle nuove conoscenze acquisite

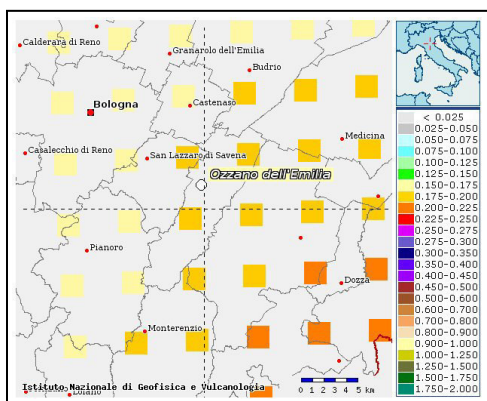


fig. 16 Mappa di pericolosità sismica di base riferita al territorio comunale

sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche, che hanno portato alla compilazione della “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” (fig.15 e fig.16), i valori di pericolosità sismica, espressi in termini di accelerazione massima a_g su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, sono stati calcolati su una griglia (reticolo di riferimento) costituita da oltre 10.000 nodi. L’esame della mappa probabilistica di pericolosità sismica del

territorio comunale evidenzia valori di accelerazione massima al suolo, calcolati per probabilità di superamento in 50 anni del 10%, variabili tra 0.175 e 0.200.

Le stime di pericolosità calcolate per i nodi sono poi state elaborate per la stesura delle NTC18, al fine di ottenere i parametri che determinano la forma dello spettro di risposta elastica, così come contenuti nell’Allegato A delle NTC08 (D.M. 14.01.2008) cui la nuova normativa fa ancora riferimento. Per qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, 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 nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Per il sito oggetto d'intervento, individuato dalle seguenti coordinate: 44.44379 di latitudine Nord e 11.47424 di longitudine E (sistema ED50), i nodi di riferimento sono quelli riportati nella fig. 17.

La metodologia adottata dovrebbe consentire di valutare, con un buon livello di dettaglio, la pericolosità sismica di base in un generico sito, essendo soddisfatte queste condizioni basilari:

- i dati sono ancorati ad un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (max 10 Km.);
- i parametri forniti permettono di definire gli spettri di risposta, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale; in particolare accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g), valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0) e periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*);
- i parametri di cui sopra sono forniti per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R , ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni.

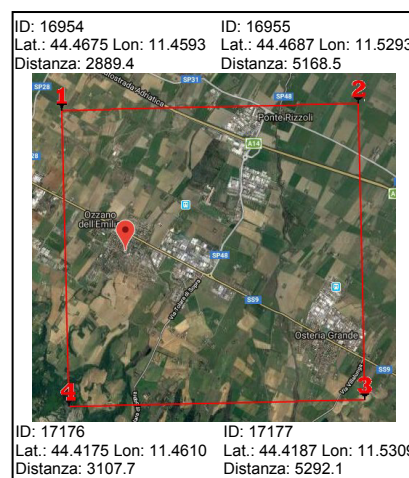


fig.17 Nodi del reticolo di riferimento

La pericolosità sismica di base che, come sopra accennato, è legata alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti) costituisce l'elemento di riferimento da cui partire per arrivare, in una scala di maggior dettaglio, alla valutazione della pericolosità sismica locale, cioè a quella componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche, soprattutto litostratigrafiche e morfologiche, di un'area ristretta. In particolare, lo studio della pericolosità sismica locale permette di definire le possibili amplificazioni (modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni litostratigrafiche e morfologiche del sito) e la possibilità di accadimento di fenomeni di instabilità del terreno (modificazioni permanenti del terreno, quali fenomeni franosi, fenomeni di liquefazione o densificazione, ecc.).

A livello pratico, la valutazione della pericolosità sismica locale prevede, in assenza di specifici studi di risposta sismica, alcune procedure di base. In particolare, per assetti non particolarmente complessi, è richiesta l'individuazione

della categoria di sottosuolo (paragrafo 3.2.2 delle NTC18), per ottenere il coefficiente di amplificazione stratigrafica, e la categoria topografica, per ottenere il relativo coefficiente di amplificazione.

Le considerazioni sulla pericolosità sismica locale, con la definizione della classificazione del sottosuolo e la stima dell'amplificazione, sono riportate nella Relazione Geotecnica-Sismica; nello stesso elaborato, si riporta anche la metodologia prevista dagli indirizzi regionali di microzonazione sismica, anche se più specificatamente pertinenti alla pianificazione urbanistica. Come noto, l'amministrazione regionale, con l'intento di attivare e promuovere specifici studi per la valutazione degli effetti locali a scala territoriale (microzonazione sismica) finalizzati alla pianificazione del territorio, ha stabilito degli indirizzi e dei criteri procedurali di riferimento, così come definiti dalla Deliberazione della Giunta Regionale n°2193 del 21 dicembre 2015 – Art.16 della L.R. n.20 del 24.03.2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 02.05.2007, n.112. Secondo la suddetta Delibera e tenendo conto di quanto previsto dalla Variante al PTCP in materia di riduzione del rischio sismico, nell'ambito dell'area indagata la valutazione della pericolosità sismica locale può essere condotta sulla base delle analisi previste dal cosiddetto secondo livello di approfondimento (analisi semplificata).

5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area entro cui ricade il sito oggetto di studio si colloca nella fascia di alta pianura compresa tra due elementi idrografici principali costituiti dal T. Idice ad O e dal T. Quaderna ad E, in corrispondenza del pertinente sistema di interconoide. In tale ambito s'individuano altri due elementi idrografici di rilevanza minore, entrambi confluenti nel suddetto T. Quaderna, rappresentati dal Rio Centonara Ozzanese, posizionato circa 350 metri ad E del sito d'indagine, e dal corso del Rio Marzano, posizionato circa 150 metri ad O dello stesso, attualmente tombato su gran parte del suo sviluppo intra-urbano.

Da un punto di vista morfologico, il sito in esame, ricadendo all'interno dell'area urbanizzata del Capoluogo, non evidenzia forme naturali chiaramente riconducibili all'ambito deposizionale d'appartenenza, caratterizzato dalla presenza dei modesti corpi conoidali dei corsi d'acqua secondari precedentemente menzionati. Nel complesso si rileva una modesta pendenza progressivamente decrescente in direzione N-NE, con elevazioni sul livello del mare mediamente comprese tra circa

63.5 e 62.5 metri. Al riguardo va evidenziato come, ad una scala di maggior dettaglio, il profilo topografico, nell'ambito dell'area ospitante il complesso scolastico, non si presenti arealmente omogeneo, individuandosi alcuni modesti dislivelli di origine antropica. Si tratta di piccole scarpate, di altezza variabile tra circa 1.20 e 1.50 metri, realizzate per raccordare localmente l'area cortiliva circostante il fabbricato con i marciapiedi perimetrali dello stesso; tali scarpate si localizzano intorno al corpo di fabbrica centro-orientale del complesso, in corrispondenza del lato meridionale e di quello occidentale dello stesso.

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico locale, si richiama quanto già riportato al punto 3.1 circa la correlazione esistente tra le unità stratigrafiche, con le pertinenti sequenze deposizionali, e le cosiddette Unità Idrostratigrafiche contenenti i principali corpi acquiferi del sottosuolo della pianura padana. Quest'ultimi, come già accennato, sono raggruppati in tre unità idrostratigrafiche denominate, dal basso verso l'alto, "Gruppo Acquifero C", costituito da depositi marini costieri, "Gruppo Acquifero B" e "Gruppo Acquifero A", entrambi costituiti principalmente da depositi continentali alluvionali. Ciascun gruppo acquifero è suddiviso in unità di rango inferiore denominate "Complessi Acquiferi"; tali unità, siglate da C1 a C5 per il Gruppo C, da B1 a B4 per il Gruppo B e da A1 ad A4 per il Gruppo A, risultano essere organizzate in sequenze cicliche costituite, per lo più, da una porzione inferiore, caratterizzata da sedimenti a tessitura prevalentemente fina (acquitardo o acquicludo di cui alle note 3 e 4 del precedente capitolo), e da una porzione superiore, costituita da sedimenti prevalentemente grossolani (acquifero di cui alla nota 1). Come osservabile dalla sezione 5 riportata in figura 10 (capitolo 3.1), in corrispondenza della fascia pedeappenninica, al cui margine s'individua anche l'area ospitante il sito oggetto d'indagine, la sovrapposizione verticale e laterale degli apparati conoidali determina la parziale coalescenza delle unità appartenenti al Gruppo Acquifero A; ciò comporta che i depositi ghiaioso-sabbiosi si presentino, per lo più, amalgamati senza interposizione di sedimenti fini, rendendo indistinguibili le diverse unità idrostratigrafiche. In tale contesto la falda ospitata negli acquiferi superficiali non dovrebbe presentare confinamenti e potrebbe, teoricamente, essere libera di oscillare all'interno dei depositi fino a raggiungere anche la superficie topografica. In realtà, come evidenziato dai dati disponibili in letteratura, nella fascia di alta pianura, a ridosso del margine pedecollinare, compresa tra Ozzano dell'Emilia e San Lazzaro di Savena, s'individua un'ampia area caratterizzata da un'anomala depressione del freatico superficiale connessa alla presenza del campo pozzi Hera di

Mirandola. L'emungimento di acqua per scopi idropotabili ed irrigui operato in questo settore, anche se condotto sulle falde più profonde, ha comunque determinato, proprio per la mancanza di una compartimentazione ben definita degli acquiferi, un progressivo abbassamento del livello statico della falda freatica che, a partire dagli anni '70, si è depressa fino a quote di 15-20 metri s.l.m., con una soggiacenza dal piano campagna di oltre 40 metri nella zona più vicina alla centrale di emungimento. Tale abbassamento si è ripercosso radialmente anche nelle zone limitrofe determinando una deformazione della superficie piezometrica, con la creazione di un ampio cono di depressione in cui la falda, che in condizioni "naturali" dovrebbe presentare un campo di moto con flusso grossomodo S-N, risulta essere, invece, caratterizzata da un flusso di richiamo di tipo centripeto verso la suddetta centrale di emungimento. Anche se a partire dagli anni duemila i volumi di acqua emunti dovrebbero essere diminuiti, l'insufficiente ricarica dell'acquifero nelle zone apicali dei conoidi, ha determinato il mantenimento di un costante deficit idrico e la permanenza, durante tutto l'anno, della depressione piezometrica di cui sopra, sia pur con soggiacenze della falda meno pronunciate (intorno a 25-30 metri). Tenendo conto di tale assetto, in corrispondenza dell'area ospitante il sito in esame, i sedimenti superficiali potrebbero risultare insaturi o, comunque, caratterizzati da una falda superficiale abbastanza depressa, con una soggiacenza stimabile in circa una decina di metri; considerando che il sito in esame ricade all'interno della fascia di interconoide, caratterizzata proprio nella porzione più superficiale da prevalenti sedimenti fini intercalati da livelli e/o lenti discontinue di sedimenti più grossolani, non si può escludere che, localmente, possano anche essere presenti, probabilmente in maniera temporanea, delle modeste falde sospese in stato di parziale confinamento.

7. INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA

Per la caratterizzazione stratigrafica, geomeccanica e sismica dei terreni più direttamente interessati dall'intervento in progetto, oltre all'analisi dei dati relativi a studi e prove esistenti riguardanti l'area in esame e/o aree limitrofe, è stata condotta una specifica indagine geognostica integrativa articolata attraverso l'esecuzione di n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 10 metri dal relativo piano campagna, e di alcune prove di laboratorio eseguite su n.4 campioni indisturbati di terreno prelevati in corrispondenza dei suddetti sondaggi.

Le prove esistenti sono quelle eseguite nel 2010 dallo Studio Geologico Associato Geo-Probe, già ricordato in premessa, costituite da n.3 prove penetrometriche statiche spinte, rispettivamente, fino a profondità di m. 25.00

(CPT1), m. 15.20 (CPT2) e m. 14.80 (CPT3), e n.1 prova sismica⁸ condotta mediante metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con tromografo digitale (Tromino). Si ha, inoltre, a disposizione un'altra prova sismica condotta nel 2017 dallo Studio Mattioli⁹ in corrispondenza dell'adiacente Scuola Elementare Bruno Ciari; tale prova è stata realizzata mediante metodologia integrata HVSR e MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave).

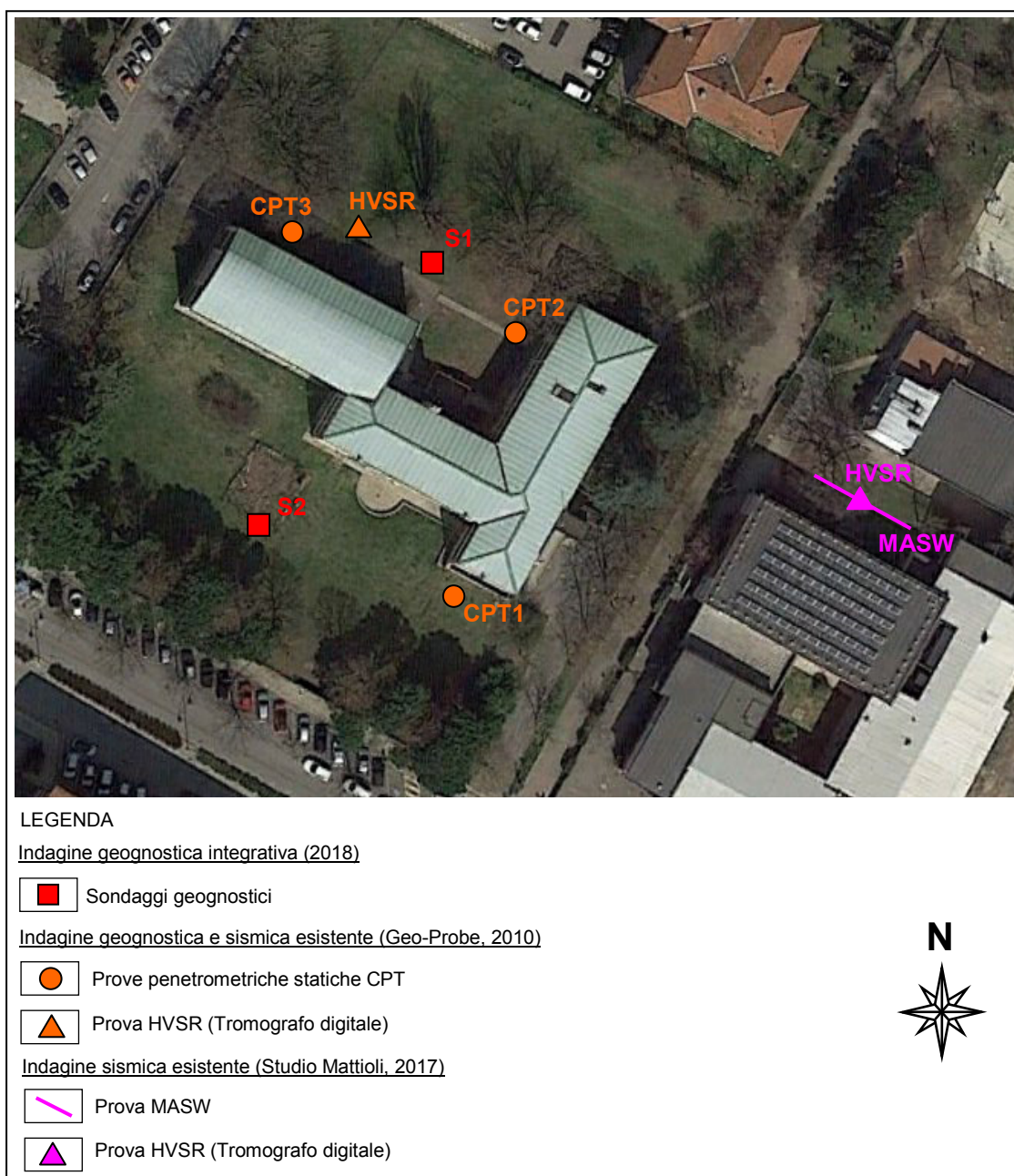


fig. 18 Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche
scala 1:1000

⁸ Geologo Mirko Sita: Relazione Geofisica allegata allo Studio Geologico-Tecnico redatto da Geo-Probe, Febbraio 2010

⁹ STUDIO MATTIOLI: "Studio sismico dei terreni del primo sottosuolo caratterizzanti l'area della Scuola Elementare Bruno Ciari – Ozzano dell'Emilia", Dicembre 2017

L'ubicazione delle nuove prove condotte e di quelle disponibili prese in esame nel presente studio è riportata in figura 18.

7.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici, come noto, rappresentano un metodo di indagine diretta in grado di raggiungere notevoli profondità e di attraversare anche terreni dotati di elevata consistenza o depositi grossolani, come le ghiaie, altrimenti difficilmente investigabili con altri sistemi di indagine diretta come le prove penetrometriche. I sondaggi a carotaggio continuo, in particolare, consentono di determinare, in maniera dettagliata, la stratigrafia del sottosuolo investigato e di prelevare, all'occorrenza, campioni rappresentativi di terreno da sottoporre a prove di laboratorio. I fori di prova, inoltre, possono essere utilizzati per l'esecuzione di prove in situ (es. Standard Penetration Test) e per l'installazione di strumentazione geotecnica o geofisica.

Nell'area di studio, come già anticipato, sono stati eseguiti n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1 e S2), entrambi spinti fino a 10 metri dal relativo piano d'imposta. Il sondaggio S1, così come riportato in figura 18, è stato posizionato, compatibilmente alle condizioni di accessibilità ed alla presenza di eventuali sottoservizi, sul lato N del complesso, a circa 9.00 metri dallo spigolo NE del fabbricato attualmente ospitante la palestra; il sondaggio S2 è stato, invece, posizionato sul lato S del complesso, a circa 16 metri dallo spigolo SO del fabbricato ospitante attualmente l'ala meridionale della scuola. Rimandando alla successiva Relazione Geotecnica-Sismica la descrizione delle caratteristiche strumentali, di seguito si riporta una sintesi dei risultati ottenuti.

Dall'esame comparato delle due stratigrafie, schematicamente rappresentate nella successiva figura 19, si può rilevare come l'assetto litostratigrafico e geomeccanico del sottosuolo investigato, pur in presenza di alcuni elementi di specificità puntuale, sia caratterizzato, nel complesso, da una struttura relativamente omogenea, caratterizzata dalla successione verticale di "corpi" sedimentari abbastanza ben definiti, costituiti da prevalenti litotipi a tessitura fina, di natura limoso-argillosa, a componente sabbiosa generalmente scarsa, cui s'intercalano, a partire da 5.50-6.50 metri circa di profondità, litotipi a tessitura più grossolana di natura ghiaioso-sabbiosa in matrice pelitica più o meno abbondante.

Da un punto di vista geomeccanico, l'assetto definito evidenzia variazioni laterali del grado di consistenza più marcate rispetto alle variazioni di carattere litologico, soprattutto nella porzione più superficiale; in tal senso, sicuramente significativo appare l'elevato grado di consistenza e compattezza rilevato nei litotipi limoso-argillosi e argilloso-limosi, più o meno sabbiosi, individuati nel sondaggio S1

fino a circa 5.00-5.50 metri di profondità; tali terreni, talmente resistenti da non consentire la corretta esecuzione delle prove speditive di consistenza con pocket penetrometer e scissometro tascabile (valore stimato della coesione non drenata C_u mediamente maggiore di 2.00 kg/cm^2), hanno evidenziato anche uno stato di forte essiccazione con un grado di umidità estremamente basso. Nel sondaggio S2 la presenza di litotipi di caratteristiche analoghe, anche se non così "spinte", è stata rilevata solamente fino a circa 2.00 metri.

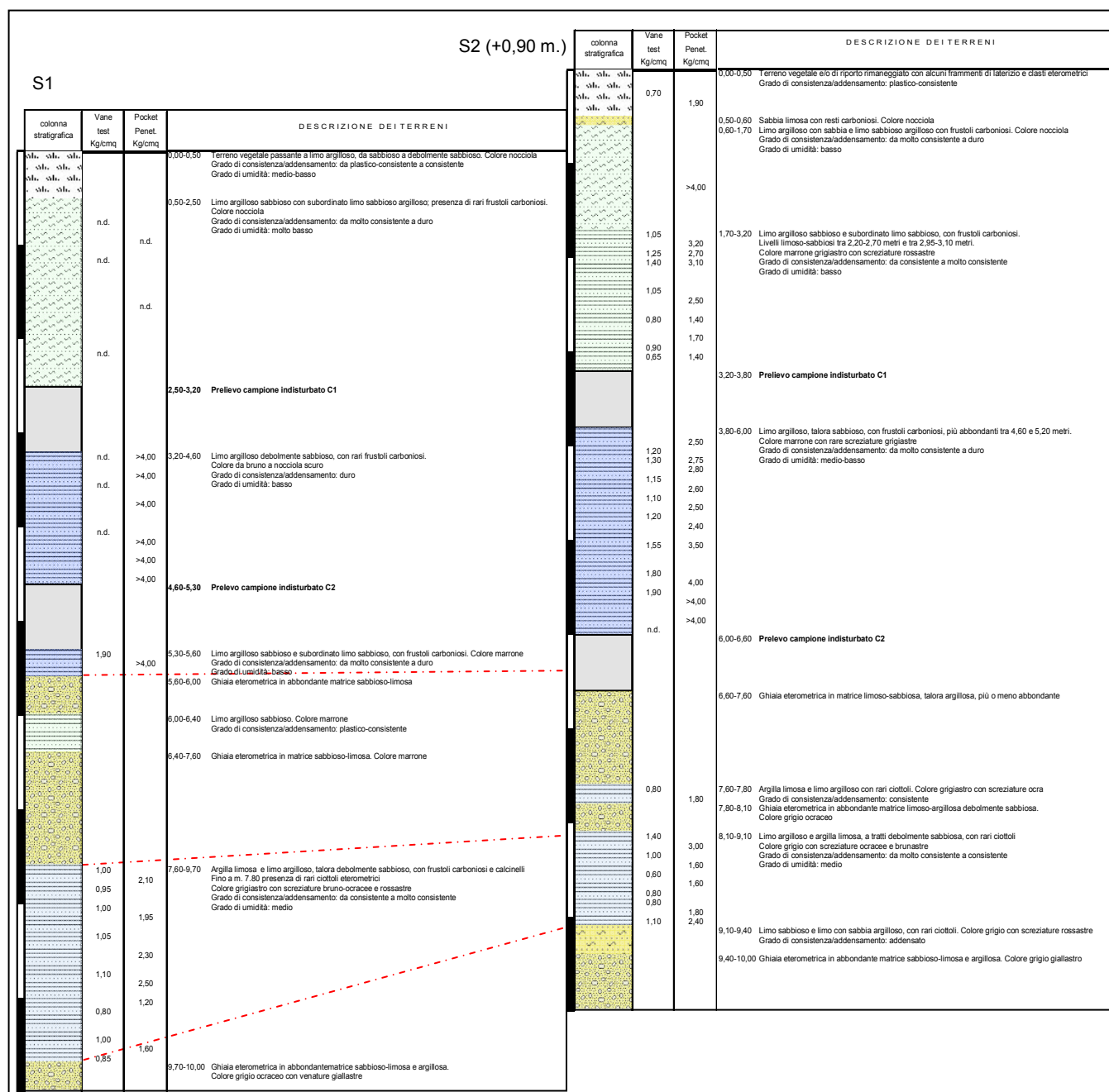
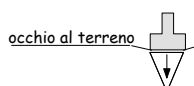


fig.19 Correlazione tra i sondaggi S1 e S2

Più in profondità, i terreni incontrati lungo la suddetta verticale sono risultati essere, comunque, caratterizzati da discrete caratteristiche geomeccaniche; facendo



riferimento ai valori di resistenza rilevati con lo scissometro ed il pocket penetrometer (p.p), i litotipi limoso-argillosi e argilloso-limosi testati possono essere classificati, mediamente, da consistenti a molto consistenti (valore di q_u ricavato da p.p. compreso tra 1.40 e 4.00 Kg/cm², valore di C_u ricavato da scissometro compreso tra 0.65 e 1.90 Kg/cm²), talora anche duri ($q_u > 4.00$ Kg/cm², $C_u > 2.00$ Kg/cm²).

Ritenendo che l'elevato grado di consolidazione rilevato possa essere ricondotto, almeno in parte, a fenomeni di essiccamento evapotraspirativo, si può ipotizzare che in corrispondenza del sondaggio S1 i processi di compattazione siano stati amplificati, estendendosi più in profondità, a causa della presenza di numerosi alberi d'alto fusto e di aree pavimentate relativamente impermeabili; è noto, infatti, che gli apparati radicali delle piante, soprattutto in presenza di condizioni climatiche siccitose e di falde relativamente profonde (nell'area investigata la soggiacenza della falda è sicuramente maggiore di 7-8 metri), possono determinare per suzione una significativa deumidificazione dei terreni coinvolti, con conseguente contrazione volumetrica e progressiva consolidazione degli stessi.

Relativamente ai litotipi argilloso-limosi e limoso-argillosi individuati più in profondità, all'interno del "corpo" ghiaioso, le prove di consistenza condotte hanno evidenziato, per entrambi i sondaggi, la persistenza di discreti valori di resistenza, con valori di q_u compresi tra 1.20 e 3.00 Kg/cm², e valori di C_u oscillanti tra 0.60 e 1.40 Kg/cm².

Per quanto riguarda gli strati di sedimenti più grossolani, costituiti da ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa, in assenza di prove SPT non è possibile fornire indicazioni quantitative sul relativo grado di addensamento. Facendo riferimento alle osservazioni riportate dall'operatore in fase di avanzamento si può, comunque, ipotizzare che tali terreni siano caratterizzati, nel complesso, da discreti valori di resistenza.

A causa della temporanea permanenza dell'acqua di perforazione all'interno dei fori, non è possibile fornire indicazioni attendibili circa l'eventuale presenza di una falda e la sua relativa profondità di rinvenimento; ammettendone la presenza, si può indicare, sulla base dei rilievi freaticometrici condotti al termine dei sondaggi, una soggiacenza minima mediamente compresa tra m. 7.80 (S2) e m. 8.40 (S1) dai relativi piani d'imposta.

7.2 Prove di laboratorio

Come già anticipato, in corrispondenza di ciascuna verticale di sondaggio sono stati prelevati, compatibilmente alle relative stratigrafie e alle indicazioni fornite dai progettisti incaricati, due campioni indisturbati di terreno su cui sono state eseguite delle specifiche analisi di laboratorio per determinarne le principali caratteristiche fisiche e meccaniche. In corrispondenza del sondaggio S1 i campioni sono stati

prelevati, rispettivamente, a 2.50 metri (C1) e a 4.60 metri (C2) dal relativo piano d'imposta, mentre in corrispondenza del sondaggio S2, i due campioni sono stati prelevati, rispettivamente, a 3.20 metri (C1) e a 6.00 metri (C2) dal relativo piano d'imposta. L'elenco delle prove condotte sui campioni prelevati è sinteticamente riportato nella sottostante tabella:

Campione	Tipo prova
Campioni indisturbati	<ul style="list-style-type: none"> determinazione dei limiti di consistenza (LL e LP) analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione prova di taglio diretto consolidata drenata (C.D.) prova triassiale non consolidata non drenata (U.U.) prova edometrica (I.L.)

tab. 2 Prove di laboratorio condotte sui campioni di terreno prelevati

Rimandando alla successiva Relazione Geotecnica-Sismica una descrizione sintetica delle metodologie di prova adottate, di seguito si riportano schematicamente i risultati delle analisi eseguite (solo parametri più significativi); i certificati rilasciati dal laboratorio sono riportati nell'allegato B della Relazione Geotecnica-Sismica:

Campioni	prof. (m.)	w _n (%)	γ (kN/m ³)	LL (%)	LP (%)	Frazioni granulometrica		φ' (°)	c' (kPa)	Cu (kPa)	E' (MPa)	Cv cm ² /s	K (m/s)
						%	denominazione						
S1-C1	2.50-3.20	17,75	18,83	43,2	22,5	Ghiaia: 00,1	Limo argilloso debolmente sabbioso	27,2	30,96	393	carico 196-398 kPa		
						Sabbia: 14,71					14,08	4,885 E-05	3,469 E-10
						Limo: 58,31							
						Argilla: 26,97							
S1-C2	4.60-5.30	16,86	18,14	45,1	23,4	Ghiaia: 0,00	Limo argilloso sabbioso	27,8	13,94	264	carico 49-98 kPa		
						Sabbia: 27,68					2,78	1,508 E-05	6,549 E-10
						Limo: 42,95							
						Argilla: 29,37							
S2-C1	3.20-3.80	22,64	19,22	37,3	20,8	Ghiaia: 0,00	Limo sabbioso debolmente argilloso	27,5	4,26	100	carico 196-398 kPa		
						Sabbia: 26,76					4,42	5,911 E-04	1,337 E-08
						Limo: 58,44							
						Argilla: 13,80							
S2-C2	6.00-6.60	19,36	17,55	n.d.	n.d.	Ghiaia: 33,72	Sabbia limosa debolmente argillosa con ghiaia	32,4	0,33	116	carico 98-196		
						Sabbia: 37,41					5,48	1,125 E-04	2,053 E-08
						Limo: 21,6							
						Argilla: 7,21							

w_n=umidità naturale; γ=massa volumica; LL=limite liquido; LP=limite plastico; IP=indice plastico; φ'=angolo di attrito; c'=coesione efficace; Cu=coesione non drenata; E'=modulo edometrico; Cv=coeff. di consolidazione; k=coeff. di permeabilità

tab. 3 Sintesi dei risultati delle prove di laboratorio

Relativamente al campione siglato S2-C2 occorre precisare che il prelievo è avvenuto proprio in corrispondenza del passaggio tra dei sedimenti prevalentemente

limoso-argillosi, talora sabbiosi, e dei sedimenti ghiaiosi in matrice sabbioso-pelitica. In tali condizioni si è deciso di utilizzare la porzione a tessitura più fina per eseguire le prove meccaniche (taglio diretto C.D., edometria e triassiale U.U.) e quella rimanente, a tessitura più grossolana, per le prove classificatorie; in tal senso non è stato possibile procedere alla determinazione dei limiti di consistenza.

Nel complesso, i risultati ottenuti confermano i dati acquisiti direttamente in campagna sulle carote estratte durante i sondaggi, evidenziando come componente granulometrica principale quella limosa, cui si associano in maniera subordinata quella argillosa, localmente più abbondante nei campioni del sondaggio S1, e sabbiosa.

Anche per quanto riguarda il grado di consistenza, si evidenzia un maggior grado di compattezza nei campioni prelevati lungo il sondaggio S1, confermando quanto rilevato dalle prove speditive eseguite con pocket penetrometer e scissometro tascabile.

7.3 Prove penetrometriche statiche esistenti

Le prove penetrometriche statiche esistenti risultano essere ubicate perimetralmente al complesso scolastico, così come riportato in figura 18.

Per quanto riguarda i dati di campagna ed i relativi grafici interpretativi delle prove condotte, si rimanda alla pertinente Relazione redatta dagli esecutori, ovvero dallo Studio Geologico Associato Geo-Probe e riportata parzialmente nell'allegato C della Relazione Geotecnica-Sismica.

Come noto, la prova penetrometrica statica (CPT – Cone Penetration Test) consente, da un punto di vista qualitativo, di caratterizzare il sottosuolo, individuando la presenza di strati di terreno a diversa consistenza; in tal senso, la possibilità di individuare la posizione di livelli di consistenza molto bassa rende di grande utilità l'impiego delle prove penetrometriche per la ricerca di strati compressibili in grado di dare origine a cedimenti significativi, o di livelli di debole resistenza al taglio lungo i quali potrebbe avvenire uno scorrimento.

Dall'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è, inoltre, possibile, mediante correlazioni empiriche, risalire con una certa approssimazione alla natura dei terreni attraversati e ricostruire, conseguentemente, il locale assetto litostratigrafico.

Oltre a rilevare l'andamento stratigrafico lungo una verticale ed individuare i tipi di terreno attraversato, da un punto di vista quantitativo la prova penetrometrica consente di stimare i parametri geotecnici più significativi attraverso numerose correlazioni empiriche fornite da diversi Autori.

Facendo riferimento ai dati penetrometrici disponibili, così come schematicamente rappresentati in figura 20 (segnali della resistenza alla punta q_c e del rapporto R_f , registrati fino a 15.00 metri e riportati ad un unico piano di riferimento coincidente con il piano d'imposta delle prove 2 e 3), si può evidenziare come, a livello generale, i terreni investigati risultino essere costituiti, fino a 5.40-5.80 metri, da un'associazione di prevalenti limi e argille, con subordinate

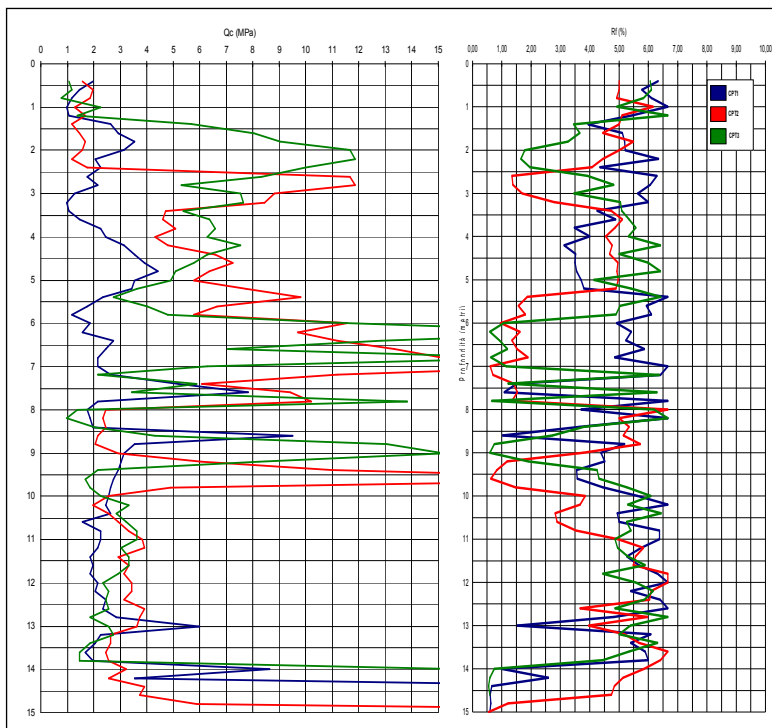


fig.21 Sovrapposizione dei segnali penetrometrici

sabbie, variamente miscelati tra loro ed organizzati in strati più o meno omogenei e continui. Il grado di consistenza si mantiene mediamente plastico, talora consistente, nella fascia più superficiale compresa tra il piano campagna e una profondità variabile tra 1.20 metri e 2.40 metri, per poi aumentare significativamente, soprattutto lungo le verticali CPT2 e CPT3; in tali ambiti, infatti, i litotipi attraversati, costituiti da prevalenti limi argillosi, talora sabbiosi, e argille limose, si presentano consistenti e molto consistenti, talora anche duri, presumibilmente per fenomeni di essiccamento evapotraspirativo, fino ad una profondità mediamente compresa tra 5.40 e 5.80 metri. Al riguardo si evidenzia come gli elevati valori di resistenza registrati localmente nell'intervallo compreso tra 1.50 e 3.20 metri circa, pur potendo essere imputabili all'incontro di frammenti lapidei, potrebbero ancora dipendere dai fenomeni di essiccamento; in tal caso, l'attribuzione litologica, proprio in relazione all'elevata compattezza registrata, potrebbe essere stata leggermente falsata, portando a classificare dei litotipi limoso-agillosi, sia pur con una certa componente sabbiosa, come litotipi più grossolani ($R_f < 2.0\%$). In corrispondenza della prova CPT1, il grado di consistenza si mantiene complessivamente più basso; i litotipi attraversati, costituiti da limi argillosi, più sabbiosi nell'intervallo compreso tra 4.20 e 6.00 metri circa, e argille limose, risultano mediamente consistenti, talora anche plastici, fino ad una profondità di circa 9.20 metri.

Lungo le verticali CPT2 e CPT3, sotto i 5.40-5.80 metri circa, fino a 9.20-9.60 metri di profondità, subentrano sedimenti più grossolani di natura ghiaioso-sabbiosa, di

medio addensamento, con subordinati limi argillosi e argille limose plastico-consistenti, prevalenti nell'intervallo compreso tra 7.80 e 9.00 metri circa. In corrispondenza della verticale CPT1, sedimenti grossolani di natura ghiaioso-sabbiosa, di medio addensamento, s'individuano solamente in alcuni sottili livelli compresi tra 8.00 e 8.40 metri e tra 9.20 e 9.60 metri.

Più in profondità, le tre prove ritornano ad essere nuovamente correlabili tra loro, caratterizzandosi per la presenza di prevalenti litotipi argilloso limosi e limoso-argillosi, talora debolmente sabbiosi, da plastici a consistenti, talora molto consistenti, organizzati in uno strato di circa 4-5 metri di spessore, cui fanno seguito nuovamente sedimenti grossolani di prevalente natura ghiaiosa e sabbiosa, da mediamente addensati ad addensati.

Dal confronto dei segnali penetrometrici si può rilevare come, nell'ambito dell'assetto litostratigrafico definito, vi sia una discreta correlazione, sia di tipo litologico che geomeccanico, tra le verticali CPT2 e CPT3, lungo l'intero intervallo di profondità investigato, mentre, relativamente alla verticale CPT1, la correlabilità con le altre prove appare più discontinua, risultando discreta solamente sotto i 10.00 metri di profondità. In particolare nella prova CPT1 si evidenziano due elementi caratterizzanti: la mancanza superficiale dello strato sovraconsolidato e la quasi totale assenza di sedimenti ghiaioso-sabbiosi nell'intervallo compreso tra 5.50 e 8.00 metri circa.

A indagine ultimata, il rilievo freaticometrico condotto all'interno dei fori ha evidenziato presenza di acque sotterranee a profondità mediamente comprese tra m. 7.50 (CPT2 e CPT3) e m. 8.10 (CPT1).

7.4 Indagini sismiche esistenti

Le prospezioni sismiche disponibili, la cui ubicazione è riportata in figura 18, fanno riferimento alla già citata indagine geologica condotta dalla Geo-Probe in corrispondenza del sito in esame e all'indagine sismica condotta dallo Studio Mattioli nell'adiacente area ospitante la Scuola Elementare Bruno Ciari.

Per quanto riguarda lo studio della Geo-Probe, si ha a disposizione un'indagine a stazione singola, condotta dal geol. Mirko Sita mediante registrazione del rumore sismico ambientale di fondo con tromografo digitale (metodo HVSR).

Per quanto riguarda, invece, l'indagine condotta dallo Studio Mattioli, si hanno a disposizione un'indagine a stazione singola (metodo HVSR) e una in array lineare con acquisizione attiva tipo MASW.

Per la descrizione delle caratteristiche strumentali e delle modalità esecutive delle prove condotte, nonché delle interpretazioni e delle elaborazioni eseguite sui

dati acquisiti si rimanda alle pertinenti Relazioni redatte dagli esecutori e riportate, rispettivamente, nell'allegato D della Relazione Geotecnica-Sismica.

Entrambe le prospezioni sono state condotte al fine di ottenere la classificazione "sismica" del tipo di suolo presente nel sito, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_S) entro i primi 30 metri di profondità ($V_{S,30}$), in ottemperanza a quanto riportato nella normativa vigente al momento dell'esecuzione delle indagini (NTC08). Il tipo di dato acquisito è da considerare compatibile anche con quanto previsto dalla nuova normativa tecnica (NTC18) circa l'individuazione delle categorie di sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica, nonostante alcune modifiche introdotte. Come noto, infatti, la nuova normativa non fa più riferimento diretto al valore del parametro $V_{S,30}$, ma a quello del parametro $V_{S,eq}$, corrispondente al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_S (in m/s) definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato,

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato,

N numero di strati,

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, come nel caso in esame, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ metri nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base delle indagini condotte, sono stati stimati valori di $V_{S,30}$ variabili tra 250 m/s (Scuola Media Panzacchi) e 332 m/s (Scuola Elementare Ciari). Tali valori, anche se leggermente discordanti, consentono, comunque, di attribuire i terreni del sottosuolo, in maniera univoca, alla categoria "C", definita, secondo la normativa vigente come: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

La classificazione effettuata è da considerare coerente anche con quanto riportato nel Piano Strutturale Comunale (PSC) del comune di Ozzano dell'Emilia che, nell'ambito degli studi di microzonazione sismica effettuati, colloca i terreni ricadenti nell'area urbanizzata del capoluogo nella suddetta categoria "C".

7.4.1 Pericolosità sismica locale – Valutazioni preliminari

L'assetto litostratigrafico e geomeccanico evidenziato, unitamente alla locale caratterizzazione geomorfologica ed idrogeologica, hanno consentito di classificare l'area oggetto d'intervento dal punto di vista sismico e di valutarne, preliminarmente, il relativo grado di pericolosità, attraverso l'individuazione dei possibili "effetti di sito" che, potenzialmente, potrebbero manifestarsi a livello locale in conseguenza di uno scuotimento sismico.

Facendo riferimento alla procedura semplificata prevista dalla normativa vigente in ambito progettuale (NTC18), per la valutazione degli eventuali effetti di amplificazione stratigrafica, l'indagine geofisica condotta ha permesso di attribuire i terreni presenti nel sottosuolo dell'area di studio alla categoria "C", a cui compete, relativamente allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), un coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S) pari a circa 1.40.

Da un punto di vista morfologico, il sito di studio, ricadendo in un'area caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante, può essere attribuito alla categoria topografica T1, cui corrisponde un coefficiente amplificativo (S_T) pari a 1.

Per quanto riguarda eventuali altri "effetti di sito", le caratteristiche tessiturali, stratigrafiche, geomeccaniche ed idrogeologiche dei terreni investigati sono tali da non prefigurare particolari condizioni di rischio riguardanti la possibile insorgenza di fenomeni di instabilità dinamica per cedimenti assoluti e/o differenziali. Non sono stati, infatti, individuati depositi di spessore significativo costituiti da litotipi a prevalente componente sabbiosa e/o sabbioso-limosa saturi poco addensati, potenzialmente suscettibili di densificazione o liquefazione, né depositi argillosi e/o limosi di caratteristiche fisico-meccaniche molto scadenti, tali da indurre significativi fenomeni di cedimento.

8. MODELLO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

I dati geognostici disponibili consentono, sia pur con una certa approssimazione legata alla non completa "copertura", da un punto di vista esplorativo del sottosuolo, dell'area d'imposta del complesso scolastico, di definire il locale modello geologico.

Come evidenziato nei punti precedenti e rappresentato, schematicamente, nelle tavole 1, 2 e 3, riportanti l'assetto litostratigrafico lungo le sezioni AA', BB' e CC' di figura 21 (si evidenzia come tutti i contatti laterali rappresentati nelle tavole, derivando da un lavoro di interpolazione di successioni puntuali, siano puramente indicativi), i terreni investigati si caratterizzano, fino ad almeno 15.00 metri di profondità, per la presenza di prevalenti sedimenti fini, di natura argillosa e limosa, generalmente a componente sabbiosa medio-bassa, intercalati da strati di prevalenti ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa, talora argillosa, arealmente

discontinui, con spessori variabili da qualche decimetro a poco più di un metro. Nel complesso i sedimenti più grossolani sembrerebbero individuarsi solamente nell'intervallo di profondità compreso tra 5.50 e 10.00 metri circa, con un'apparente riduzione di rappresentatività nella porzione S-SE.

Il grado di consistenza dei terreni a tessitura più fina è mediamente discreto (da plastico-consistente a duro, con valori di coesione non drenata C_u oscillanti mediamente tra 0.80 e 2.00 kg/cm²), sia in senso laterale che verticale, con una fascia superficiale più compatta, presumibilmente per fenomeni di essiccamento evapotraspirativo, ad

esclusione della porzione S-SE dell'area indagata (ambito di riferimento della prova CPT1), dove tale evidenza non si manifesta ed i litotipi presentano un grado di consistenza mediamente più basso (da plastico a consistente); al contrario, la porzione di terreno che si estende a N del corpo di fabbrica ospitante attualmente la palestra fino al corpo principale della scuola, delimitata da un filare di alberi d'alto fusto, si caratterizza per la presenza di una fascia di sovraconsolidazione molto spinta che, apparentemente, sembrerebbe estendersi in profondità per almeno 4.50-5.00 metri.

Ai sedimenti più grossolani, costituiti da prevalenti ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, si può attribuire, facendo riferimento alle prove penetrometriche, un grado di addensamento medio.

L'assetto evidenziato rispecchia, nel complesso, l'ambito deposizionale d'appartenenza dominato da depositi alluvionali di ambiente interconoidale, costituiti da prevalenti litotipi a tessitura fine e medio-fine, riconducibili all'attività idraulica dei corsi d'acqua secondari, con possibili sottili intercalazioni sabbiose e/o ghiaioso-sabbiose, progressivamente più frequenti e/o spesse con la profondità, in relazione alla presenza più estesa di lobi di accrescimento dei corpi conoidali dei due elementi

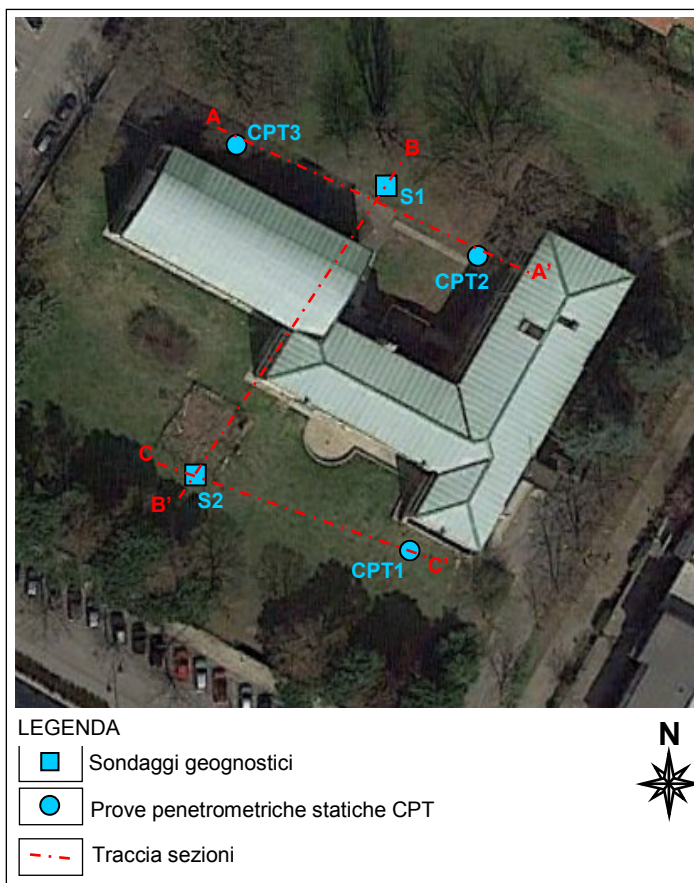
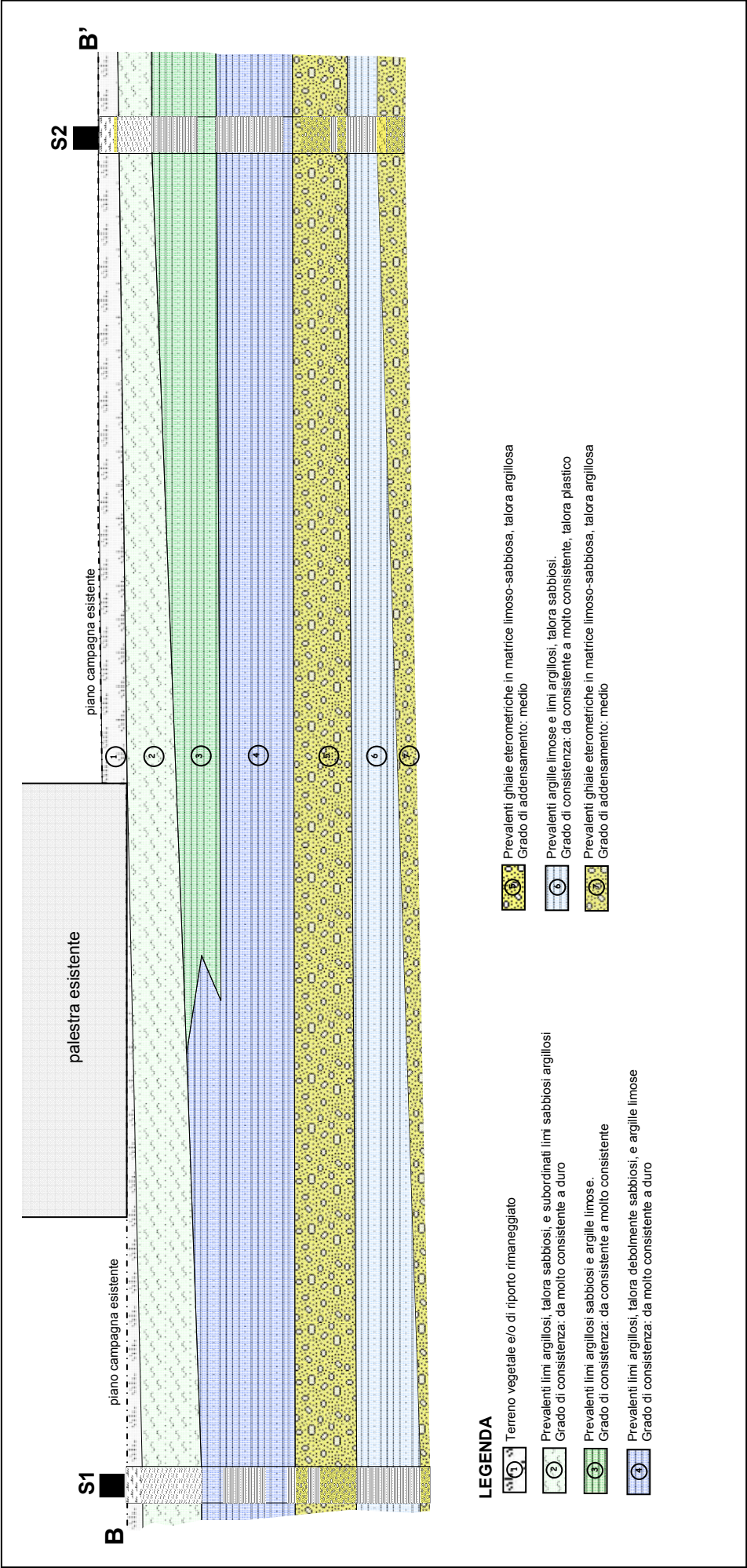
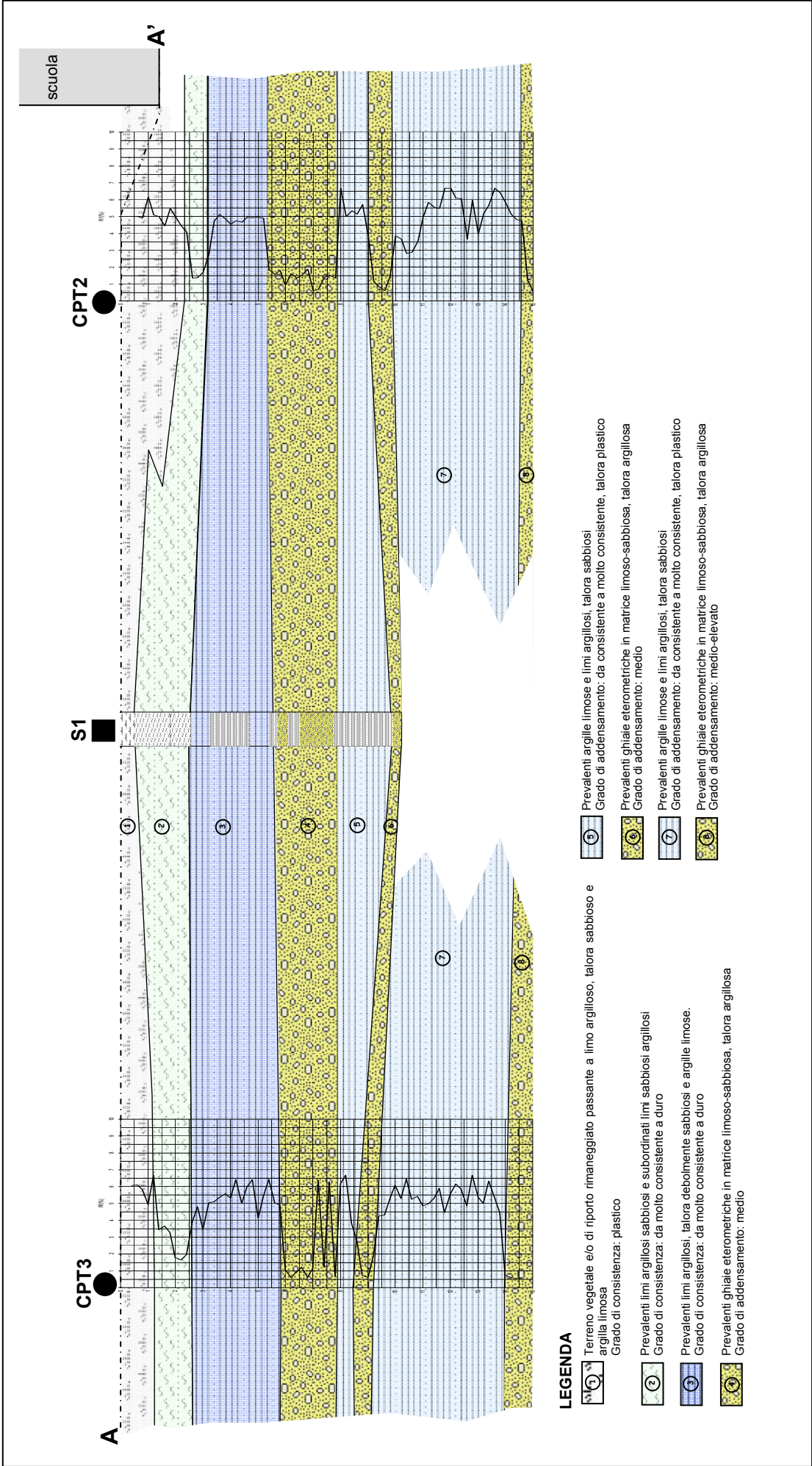


fig. 21 Traccia sezioni litostratigrafiche
scala 1:1000





TAV. 2 Sezione AA' - Modello litostratigrafico
scala 1:200

idrografici principali dell'area, ovvero il T. Quaderna ed il T. Idice, interessati, nel corso del Quaternario, da successive fasi di avanzamento ed arretramento.

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In riferimento al progetto di demolizione e ricostruzione del complesso scolastico sito in v.le Il Giugno n.49, all'interno del centro urbano di Ozzano dell'Emilia, è stata redatta la presente relazione riguardante lo studio geologico e geotecnico-sismico dei terreni più direttamente interessati dall'intervento previsto. Tale studio è stato realizzato basandosi sulla documentazione esistente in letteratura di carattere geologico, sismico e geognostico e, in maniera più specifica, sui risultati acquisiti nel corso di un'indagine integrativa articolata attraverso l'esecuzione di n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Più in particolare, nel presente elaborato sono stati illustrati i principali elementi geologici, geomorfologici, strutturali e sismici dell'area, e si è proceduto alla caratterizzazione litostratigrafica dei terreni presenti in sito, definendo il locale modello geologico. Le principali evidenze emerse dall'indagine possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- l'area in esame, ricadente nella fascia di alta pianura delimitata dal T. Idice verso O, dal T. Quaderna verso E, dalla S.S. n.9 "via Emilia" verso N e dal margine pedecollinare verso S, è ubicata nella porzione centrale del territorio comunale di Ozzano dell'Emilia, all'interno dell'area urbanizzata del capoluogo, immediatamente a N di viale Il Giugno;
- da un punto vista geolitologico l'area ospitante il sito in esame, collocabile all'interno del Sistema di Interconoide dell'elemento idrografico Idice-Quaderna, risulta essere caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di copertura, localmente costituiti da prevalenti litotipi a tessitura fine e medio-fine, di natura argilloso-limosa e limoso-sabbiosa, con possibili sottili intercalazioni sabbiose e/o ghiaioso-sabbiose. Quest'ultime risultano essere, tendenzialmente, più frequenti e spesse a maggiori profondità, localmente già a partire da 15-20 metri dal piano campagna, in relazione alla presenza più estesa di lobi di accrescimento dei conoidi riferibili ai due principali corsi d'acqua precedentemente citati, interessati, nel corso del Quaternario, da successive fasi di avanzamento ed arretramento;
- a livello locale, l'indagine condotta, comprendente sia i due sondaggi integrativi che le prove penetrometriche statiche realizzate nel 2010, pur restituendo un assetto litostratigrafico complessivamente abbastanza omogeneo, ha evidenziato alcune significative disomogeneità, sia di carattere litologico che geomeccanico.

A livello generale, il sottosuolo indagato, si caratterizza, almeno fino alla profondità di 15.00 metri per la sovrapposizione verticale di tre “corpi”, litologicamente abbastanza ben definiti (si ricorda che solo la verticale CPT1 ha superato tale quota raggiungendo i 25.00 metri di profondità e, pertanto, non può essere considerata di valenza significativa per tutta l’area in esame):

- corpo A – individuato, apparentemente in maniera arealmente abbastanza continua, tra il piano campagna e la profondità di circa 5.40-5.80 metri. Risulta essere costituito da un’associazione di prevalenti limi e argille, con sabbie subordinate. Il grado di consistenza è mediamente elevato; facendo riferimento alle prove speditive condotte nel corso dei sondaggi, l’intero pacchetto sembrerebbe essere interessato da un grado di consistenza mediamente molto elevato imputabile, presumibilmente, anche a fenomeni di essiccamento evapotraspirativo, con valori indicativi di coesione non drenata (C_u) dell’ordine di almeno 2.00 kg/cm^2 , in corrispondenza del sondaggio S1, e compresi tra 0.80 e 2.00 kg/cm^2 , in corrispondenza del sondaggio S2. Al riguardo si evidenzia come i sondaggi siano stati eseguiti in un periodo relativamente asciutto, dopo un’estate ed un inizio autunno caratterizzati da precipitazioni molto scarse e temperature relativamente alte. Prendendo in esame le prove penetrometriche, eseguite in gennaio, dopo un periodo autunnale ed invernale caratterizzato da precipitazioni relativamente abbondanti, la fascia sovraconsolidata ($1.50 < C_{u,med} < 2.50 \text{ kg/cm}^2$) sembrerebbe iniziare ad una profondità variabile tra 1.20 e 2.40 metri circa, individuandosi, superficialmente, litotipi di minor consistenza, caratterizzati da valori di C_u mediamente compresi tra 0.60 e 0.80 kg/cm^2 . Da tale assetto sembrerebbe discostarsi la prova CPT1, dove la fascia di sovraconsolidazione risulta meno evidente ed i litotipi investigati si caratterizzano per un grado di consistenza molto più variabile, con valori di C_u oscillanti verticalmente tra 0.50 e 1.30 kg/cm^2 . Confrontando tutti i dati disponibili, si può evidenziare come il grado di sovraconsolidazione sia, comunque, molto più accentuato in corrispondenza della porzione settentrionale dell’area indagata, presumibilmente in relazione alla presenza di numerosi alberi, di altezza anche superiore a 15-20 metri, in grado di determinare con i propri apparati radicali un’azione di suzione molto spinta.
- corpo B – individuato in tutte le prove, ad esclusione della CPT1, a profondità mediamente comprese tra circa 5.40-5.80 e 9.20-9.60 metri, sia pur con spessori e continuità verticale disomogenea; risulta essere costituito da prevalenti ghiaie eterometriche, mediamente addensate, in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa, intercalate, nell’intervallo di profondità mediamente compreso tra 7.80 e 9.20 metri circa, da un livello, più o meno spesso, di

prevalenti litotipi argilloso-limosi, talora sabbiosi, plastico-consistenti. Come già anticipato, da tale assetto si discosta la prova penetrometrica CPT1, in corrispondenza della quale i sedimenti più grossolani, di natura ghiaioso-sabbiosa, sembrerebbero essere confinati solamente in alcune sottili intercalazioni all'interno dell'intervallo di profondità compreso tra 8.00 e 9.40 metri.

- corpo C – quest'ultimo elemento, definito sulla base delle risultanze delle prove penetrometriche, sembrerebbe caratterizzare in maniera abbastanza continua l'intera area indagata; si tratta di prevalenti argille limose e limi argillosi, da consistenti a molto consistenti, talora anche plastici, passanti, intorno a 14.00-14.50 metri di profondità a ghiaie eterometriche di addensamento medio alto, in matrice sabbioso-pelitica;
- o non avendo a disposizione piezometri per un adeguato monitoraggio temporale delle eventuali acque di falda, si possono fare solamente alcune considerazioni di massima sulla base dei rilievi condotti puntualmente al momento delle indagini. Facendo riferimento alle prove penetrometriche, all'interno dei fori sembrerebbe essere stata individuata presenza d'acqua a profondità comprese tra 7.50 metri (CPT2 e CPT3) e 8.10 metri (CPT1). Per quanto riguarda, invece, i sondaggi, i rilievi condotti ne hanno evidenziato la presenza ad una profondità compresa tra 7.80 metri (S2) e 8.40 metri (S1) dai relativi piani d'imposta, anche se in questo caso il dato potrebbe essere non attendibile in relazione alla permanenza in foro dell'acqua utilizzata durante la perforazione. Potendo rilevare, comunque, una certa coerenza tra i dati disponibili, si può ipotizzare che una falda possa essere effettivamente ospitata all'interno dei sedimenti più grossolani appartenenti al corpo B, precedentemente definito, e sostenuta alla base dai sottostanti litotipi argilloso-limosi di bassa permeabilità;
- o in termini "sismici", facendo riferimento alle indagini geofisiche esistenti, i terreni del primo sottosuolo possono essere attribuiti alla categoria "C" - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per quanto riguarda eventuali altri "effetti di sito", il locale assetto morfologico (area pianeggiante) non prevede l'introduzione di effetti amplificativi di tipo topografico, mentre le caratteristiche tessiturali, stratigrafiche e geomeccaniche dei terreni investigati sono tali da non prefigurare particolari condizioni di rischio riguardanti la possibile insorgenza di fenomeni di instabilità dinamica per cedimenti assoluti e/o differenziali. Non sono stati, infatti, individuati depositi di

spessore significativo costituiti da litotipi a prevalente componente sabbiosa e/o sabbioso-limosa saturi poco addensati, potenzialmente suscettibili di densificazione o liquefazione, né depositi argillosi e/o limosi di caratteristiche fisico-meccaniche molto scadenti, tali da indurre significativi fenomeni di cedimento.

Sulla base di quanto sopra esposto, si può ritenere che, nel rispetto delle considerazioni e delle indicazioni illustrate nella successiva Relazione Geotecnica-Sismica, l'intervento in progetto di demolizione e ricostruzione della Scuola Media Panzacchi, sita in v.le Il Giugno n.49, nel centro abitato di Ozzano dell'Emilia, sia compatibile con le caratteristiche geolitologiche dei terreni presenti nel primo sottosuolo e con l'assetto geomorfologico ed idrogeologico locale.

Dott. Geol. Andrea Scaglioni