

REGIONE SICILIANA
PIANO STRAORDINARIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
Bacino idrografico del Fiume Oreto (039)
Stralcio della Carta dei Dissesti (scala 1:10.000)



REGIONE SICILIANA
PIANO STRAORDINARIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
Bacino idrografico del Fiume Oreto (039)
Straicio della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico (scala 1:10.000)



REGIONE SICILIANA
PIANO STRAORDINARIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
Bacino idrografico del Fiume Orto (039)
Straicio della Carta del Rischio Idraulico (scala 1:10.000)



3. GEOLOGIA

3.1 *Quadro geologico locale*

Se da un lato la presenza della cortina urbana non permette l'esecuzione di un dettagliato rilevamento geologico di superficie, dall'altro l'ampia bibliografia tematica disponibile consente di determinare la costituzione geologica dell'area interessata dall'opera edilizia di progetto, definendo le caratteristiche litologiche dei termini interessati.

Il sottosuolo locale è rappresentato da un'unica formazione geologica costituita da arenarie di colore giallastro, molto grossolane, ad elementi bioclastici, a diverso grado di cementazione; il cemento è di natura calcarea.

Ad esse si alternano dei livelli sabbiosi, privi dunque di cementazione, di spessore generalmente contenuto entro pochi centimetri. Le sabbie si presentano tuttavia discretamente addensate.

Gli orizzonti arenacei e sabbiosi presentano in affioramento una giacitura suborizzontale, con leggera inclinazione verso la linea di costa a Nord-Est. In superficie si presentano leggermente alterati, con qualche patina di alterazione rossastra.

L'ammasso roccioso è interessato da una fratturazione modesta, costituita da linee di frattura per lo più perpendicolari alla stratificazione. Le fratture sono spesso riempite dalla frazione fine sabbiosa.

3. GEOLOGIA

3.1 *Quadro geologico locale*

Se da un lato la presenza della cortina urbana non permette l'esecuzione di un dettagliato rilevamento geologico di superficie, dall'altro l'ampia bibliografia tematica disponibile consente di determinare la costituzione geologica dell'area interessata dall'opera edilizia di progetto, definendo le caratteristiche litologiche dei termini interessati.

Il sottosuolo locale è rappresentato da un'unica formazione geologica costituita da arenarie di colore giallastro, molto grossolane, ad elementi bioclastici, a diverso grado di cementazione; il cemento è di natura calcarea.

Ad esse si alternano dei livelli sabbiosi, privi dunque di cementazione, di spessore generalmente contenuto entro pochi centimetri. Le sabbie si presentano tuttavia discretamente addensate.

Gli orizzonti arenacei e sabbiosi presentano in affioramento una giacitura suborizzontale, con leggera inclinazione verso la linea di costa a Nord-Est. In superficie si presentano leggermente alterati, con qualche patina di alterazione rossastra.

L'ammasso roccioso è interessato da una fratturazione modesta, costituita da linee di frattura per lo più perpendicolari alla stratificazione. Le fratture sono spesso riempite dalla frazione fine sabbiosa.

CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



LEGENDA



Alluvioni



Arenarie bioclastiche (Pliocene sup. - Tirreniano)

Stratigraficamente attribuibile al *Pliocene superiore - Tirreniano*, l'intera formazione presenta uno spessore di poco superiore ai dieci metri sopra le argille terziarie, sulle quali essa poggia con contatto discordante.

3.2 Indagine geognostica

Per ricostruire in modo dettagliato la locale serie stratigrafica e per definire gli spessori e le caratteristiche strutturali e giaciture delle coperture e dei terreni in posto, è stata condotta una campagna geognostica mediante sondaggi meccanici a rotazione ed a carotaggio continuo

L'esecuzione delle indagini è stata affidata direttamente dalla Parrocchia alla ditta *Globalgeo S.r.l.* di Montemaggiore Belsito (PA), che a conclusione del servizio ha trasmesso una dettagliata relazione di cantiere, che si allega in calce alla presente. La campagna si è articolata in tre sondaggi, denominati *S1*, *S2* ed *S3*, spinti sino alla profondità massima di m 15,00 dal piano di campagna.



I sondaggi sono stati programmati dallo scrivente sulla base delle planimetrie disponibili ed eseguiti in punti ritenuti sufficientemente rappresentativi della locale situazione litostratigrafica. Per la loro localizzazione si veda la planimetria allegata.

Così come evidenziato in sede di definizione del locale quadro geologico, l'esame delle relative colonne stratigrafiche mette in evidenza la presenza di una alternanza di calcarenite organogena, da debolmente cementata a ben cementata, e di sabbie, da sciolte a moderatamente addensate; l'alternanza sabbioso-calcarenitica è ricoperta in superficie da una coltre di terreni residuali a matrice argillosa, di spessore variabile da m 0,60 a m 1,20.

A profondità variabili da m 6,80 a m 8,80 i sondaggi hanno intercettato il tetto di un esteso orizzonte litologico, formato da sabbie calcaree grossolane debolmente limose, di colore grigio, da sciolte a poco addensate.

Sino alle profondità investigate i sondaggi non hanno intercettato la superficie piezometrica della falda freatica che caratterizza il sottosuolo dell'area di Palermo.

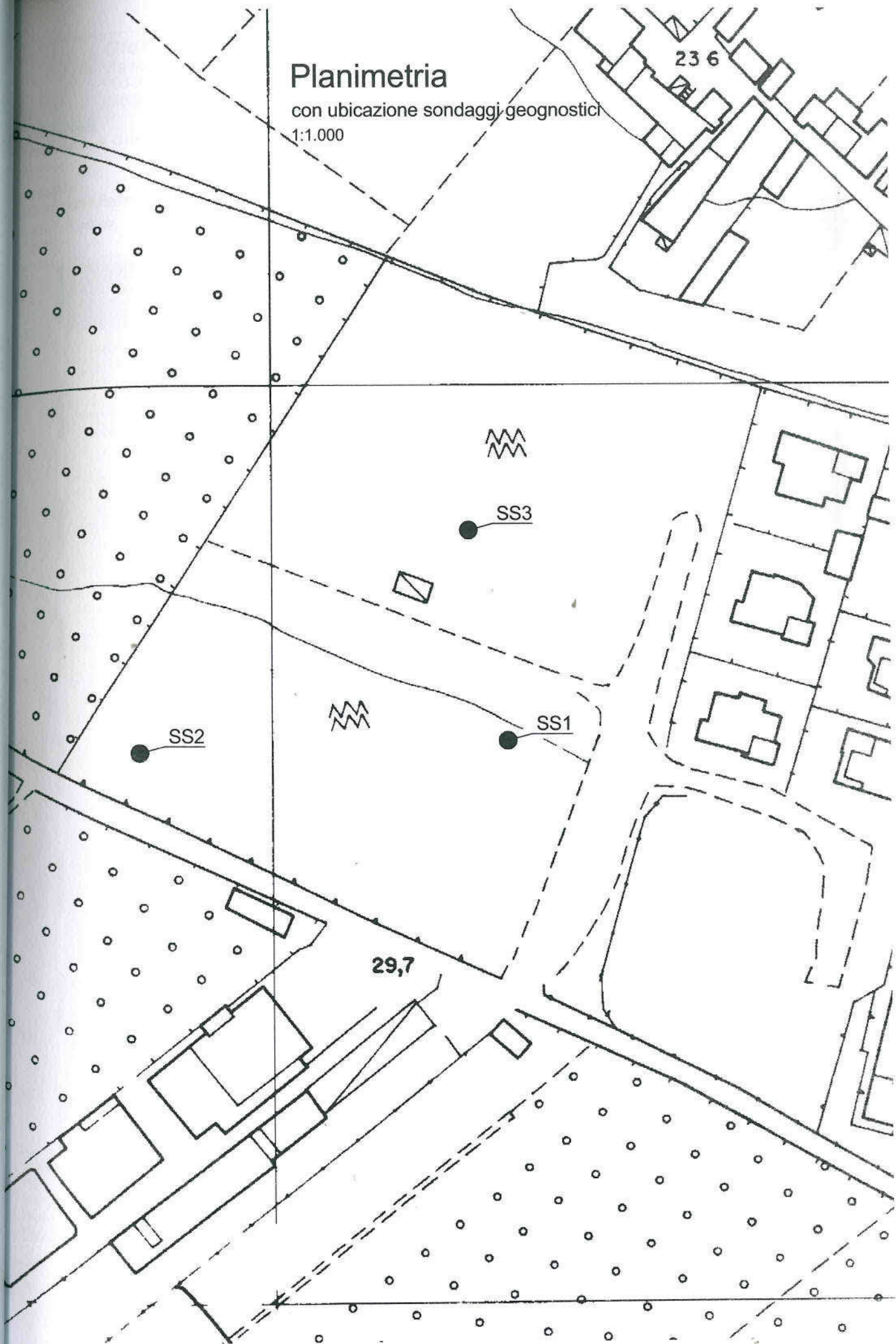
Da notizie assunte sui luoghi e dalla consultazione di alcune carte tematiche, la falda freatica si attesta ad oltre m 20,00 di profondità, per cui essa non andrà ad interferire con gli scavi previsti in progetto.

Nel corso dei sondaggi, all'interno del foro denominato S2, sono stati prelevati due campioni di terreno, sui quali sono state condotte le opportune analisi di laboratorio, necessarie per una puntuale caratterizzazione geomeccanica dei terreni.

Le colonne litostratigrafiche relative ai sondaggi eseguiti sono di seguito
allegate. Esse sono altresì riportate nella relazione di cantiere della *Globalgeo S.r.l.*
allegata in calce alla presente.

Planimetria

con ubicazione sondaggi geognostici
1:1.000



Globalgeo S.r.l.

Via Maria degli Angeli, 22
90020 - Montemaggiore Belsito (PA)
info@globalgeo.it

Dott. Geol. Salvatore Millonzi

Committente Parrocchia S. Gaetano		Profondità raggiunta 15,00 metri	Quota P.C.		Data 26/07/13					
Indagine Compresso Parrocchiale		Sondaggio S1	Tipo Carotaggio Continuo		Tipo Sonda HYDRA JOY 1					
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. n° Colpi	Pocket kg/cmq	Campioni	Met. Sta	Falda	Piezometro
		Suoli bruni	0.60							
-1		Terreni residuali, di matrice argillosa colore rosso vinaccia con minuti calcarei sospesi	0.60							
-2		Alternanza di strati di spessore tra 0,50 e 1,0 m circa di calcarenite organogena da debolmente a ben cementata e sabbie da sciolte a moderatamente addensate								
-3										
-4										
-5			7.60							
-6										
-7										
-8										
-9		Sabbie calcaree grossolane, debolmente limose, da sciolte a poco addensate, colore grigio								
-10										
-11										
-12				6.20						
-13										
-14										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Continuo

SPERIMENTATORE

Sonda: HYDRA JOY 1

Committente Parrocchia S. Gaetano		Profondità raggiunta 13,00 metri	Quota P.C.		Data 27/07/13					
Indagine Compresso Parrocchiale		Sondaggio S2	Tipo Carotaggio Continuo		Tipo Sonda EGT MD-700					
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. n° Colpi	Pocket kg/cmq	Campioni	Met. Sta	Falda	Piezometro
		Terreni residuali, di matrice argillosa colore rosso vinaccia con minuti calcarei sospesi	0.60	%C=100						
-1		Alternanza di strati di spessore tra 0,50 e 1,0 m circa di calcarenite organogena da debolmente a ben cementata e sabbie da sciolte a moderatamente addensate								
-2										
-3										
-4			7.20	%C=100			-4.00 R -4.30			
-5										
-6										
-7										
-8		Sabbie calcaree grossolane, debolmente limose, da sciolte a poco addensate, colore grigio					-8.00 R -8.30			
-9										
-10				5.20	%C=30					
-11										
-12										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio: Continuo

SPERIMENTATORE

Sonda: EGT MD-700

Committente <i>Parrocchia S. Gaetano</i>		Profondità raggiunta <i>12,00 metri</i>	Quota P.C.		Data <i>27/07/13</i>						
Indagine <i>Compresso parrocchiale</i>		Sondaggio <i>S3</i>	Tipo Carotaggio <i>Continuo</i>		Tipo Sonda <i>EGT MD-700</i>						
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. n° Colpi	Pocket kg/cmq	Campioni	Met. Stia	Falda	Piezometro	
		Suoli bruni	0.50	%C=100							
		Terreni residuali, di matrice argillosa colore rosso vinaccia con minuti calcarei sospesi	0.40								
-1		Alternanza di strati di spessore tra 0,50 e 1,0 m circa di calcarenite organogena da debolmente a ben cementata e sabbie da sciolte a moderatamente addensate		%C=100							
-2											
-3											
-4											
-5					7.90						
-6											
-7											
-8											
-9		Sabbie calcaree grossolane, debolmente limose, da sciolte a poco addensate, colore grigio		%C=30							
-10					3.20						

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio: Continuo

SPERIMENTATORE

Sonda: EGT MD-700

4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

4.1 *Considerazioni generali*

Dal punto di vista idrogeologico le arenarie bioclastiche presenti nel lotto di progetto possiedono le caratteristiche strutturali dei terreni permeabili per porosità e subordinatamente per fratturazione, nonostante il cemento prevalentemente calcareo che lega i diversi clasti tenda a ridurre il volume dei vuoti.

Le linee di frattura, ad opera degli sforzi tettonici, rendono estremamente permeabile la compagine, rappresentando le stesse delle vie preferenziali di infiltrazione e scorrimento delle acque.

Permeabile per porosità (permeabilità primaria) risulta anche la coltre superficiale di terreni residuali: l'eterogeneità granulometrica e l'assetto tessiturale del deposito consentono alle acque di infiltrazione di muoversi, seppur lentamente, attraverso i meati esistenti tra i vari granuli; dopo essere filtrate in ambiente aerato attraverso il loro spessore, le acque raggiungono successivamente le arenarie bioclastiche.

Sotto queste ultime anche le sabbie calcaree grossolane, seppure debolmente limose, possiedono una permeabilità primaria.

Ne consegue che nell'area di progetto è notevole l'aliquota d'acqua che si infiltra nel sottosuolo, andando ad alimentare la falda freatica che caratterizza gran

parte del sottosuolo della città di Palermo e che nell'area di progetto si attesta proprio in seno alle sabbie calcaree.

Sino alle profondità investigate dai sondaggi, ovvero sino a m 15,00 dal piano di campagna, non è emersa tuttavia alcuna superficie piezometrica, per cui è scongiurata qualsiasi interferenza di ordine idrologico con tutte le strutture e con i manufatti previsti in progetto.

Alcuni dati di carattere bibliografico indicano che la superficie piezometrica della falda si attesta oltre i venti metri di profondità, dunque ben oltre il piano di posa delle fondazioni delle strutture previste in di progetto.

La realizzazione di tutti gli interventi connessi con il costruendo complesso parrocchiale non potrà in alcun modo turbare, anche sotto il profilo ambientale, l'equilibrio idrogeologico della zona.

4.2 Permeabilità dei terreni

Come si è detto, i terreni di copertura, le arenarie bioclastiche e le sottostanti sabbie limose calcaree, rilevati in successione nell'area di progetto, presentano le caratteristiche strutturali dei terreni permeabili per porosità e, limitatamente agli orizzonti più cementati delle arenarie bioclastiche, per fratturazione.

A titolo puramente esemplificativo si riporta di seguito la tabella di *Casagrande e Fadum*, nella quale sono indicati, in termini qualitativi, i diversi valori del

coefficiente di permeabilità K (espressi proprio in termini di capacità di drenaggio), in funzione delle diverse classi granulometriche:

k cm/sec	10 ²	10 ¹	1	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
drenaggio	buono				povero				praticamente impermeabile				
	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fina, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici				
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo							

Come si vede per granulometrie come quelle rilevate nel corso della campagna d'indagini, la capacità di drenaggio è sostanzialmente buona, seppure minore per gli orizzonti più profondi delle sabbie, che presentano una frazione più fine che tende a ridurre la stessa capacità.

In tutti i casi, considerato che le caratteristiche di permeabilità e di porosità della roccia arenacea, entro cui si collocheranno le strutture interrato del complesso parrocchiale, consentono di trattenere discreti quantitativi d'acqua capillare, si rende necessario provvedere ad un buon isolamento idraulico dell'apparato di fondazione e delle stesse strutture interrato.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 *Campioni prelevati e prove geotecniche di laboratorio*

Il comportamento geomeccanico delle unità litologiche presenti nell'area destinata alla realizzazione del nuovo complesso parrocchiale dipende dalle specifiche caratteristiche dei terreni, oltre che dal tipo di opera da realizzare e dunque dalle sue possibili interazioni con il substrato di fondazione.

E' stato quindi necessario fornire al progettista la caratterizzazione geotecnica dei terreni, necessaria in sede di calcoli e di dimensionamento strutturali e di progettazione esecutiva delle singole opere.

Le prove geotecniche di laboratorio condotte sui campioni prelevati hanno reso possibile definire il comportamento geomeccanico dell'unica unità litologica direttamente interagente con le opere, ovvero delle arenarie bioclastiche, e di quella sottostante, ovvero delle sabbie calcaree debolmente limose.

Sono stati prelevati, come si è visto, 2 campioni a disturbo limitato all'interno del sondaggio denominato S2: il primo, alla profondità di m 4,00, è afferente all'alternanza di calcareniti organogene e sabbie, che rappresenta di fatto il volume geotecnico significativo, sul quale andranno a impostarsi le diverse strutture previste in progetto ed entro il quale saranno scaricate le tensioni da esse indotte; il secondo, alla profondità di m 8,00, è afferente all'orizzonte più profondo, formato dalle sabbie calcaree grossolane debolmente limose, di colore grigio.

Per il grado di consistenza degli orizzonti litologici attraversati, soprattutto per quello formato dalle arenarie bioclastiche, non è stato possibile procedere al prelievo di campioni indisturbati.

Per il primo si è fatto ricorso ad un segmento di "carota", per il secondo si è invece fatto inevitabilmente ricorso ad un prelievo più invasivo, che ne ha in parte disturbato l'assetto dei granuli.

I 2 campioni, immediatamente sigillati in sacchetti di plastica, catalogati ed etichettati, sono stati trasportati per le necessarie analisi e prove geotecniche al laboratorio geotecnico: nello specifico, il campione prelevato alla profondità di m 4,00 (denominato semplicemente S2) è stato consegnato al laboratorio *Geo.Tec. s.n.c* di Palermo, mentre il campione prelevato alla profondità di m 8,00 (denominato CR1), è stato consegnato al laboratorio *Geocima S.a.s.* di Carlo Cibella, anch'esso con sede in Palermo.

Entrambi i laboratori sono provvisti di autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture per l'esecuzione di prove ufficiali sui terreni, sulle rocce e sui materiali da costruzione.

Sul campione S2 è stato misurato il peso di volume γ , ed è stata eseguita una prova di compressione monoassiale; sul campione CR1, oltre alla misurazione di alcune caratteristici indici quali il peso di volume γ , il peso del volume secco γ_d ed il contenuto naturale d'acqua W_n , sono stati misurati i limiti di consistenza (o di Atterberg), che rivestono una notevole importanza per una definizione di tipo

qualitativo delle terre, poiché permettono di definire la loro consistenza fisica in termini di stati fluido, plastico, semisolido e solido. E' stata altresì eseguita un'analisi granulometrica.

Infine è stata eseguita una prova di resistenza meccanica di taglio diretto, per poter ricavare le caratteristiche di resistenza al taglio del materiale.

5.2 Descrizione litologica e granulometrica

Le arenarie di colore giallastro si presentano sotto forma di un'alternanza di strati, di spessore compreso tra m 0,50 e m 1,00, di calcarenite organogena da debolmente a ben cementata e di sabbie da sciolte a moderatamente addensate; procedendo in profondità l'alternanza sopra descritta lascia il posto a delle sabbie calcaree grossolane, debolmente limose, da sciolte a poco addensate di colore grigio.

Per entrambi i campioni prelevati all'interno dello stesso foro di sondaggio si è proceduto ad una descrizione delle principali caratteristiche (colore, granulometria, tessitura, ecc.) basata sull'osservazione diretta, ma solamente sul campione denominato *CR1* è stata eseguita una specifica analisi granulometrica.

campione (sigla)	profondità (m)	descrizione del campione
S2	4,00	Calcarenite a grana medio-grossa, di colore bianco giallastro, presenza di molti vacuoli di piccole dimensioni ed abbondanti inclusi litici di piccolissime dimensioni cementati.
CR1	8,00	Sabbia con limo debolmente argillosa di colore grigio chiaro fossilifero, poco consistente e mediamente plastico, umido, a struttura omogenea.

5.2.1 Caratteristiche indici

Sui due campioni a disturbo limitato, oltre a fornire la descrizione in termini macroscopici, è stato determinato il peso di volume γ ; sul campione CR1 sono stati inoltre determinati, il contenuto naturale d'acqua W_n , il peso di volume secco γ_d , il peso specifico dei granuli γ_s , il grado di saturazione S e la porosità n .

I valori misurati sono riassunti nella tabella seguente:

campione (sigla)	profondità (m)	W_n (%)	γ (kN/mc)	γ_d (kN/mc)	γ_s (kN/mc)
S2	4,00	-	20,17	-	-
CR1	8,00	27,51	18,33	14,38	25,85

5.2.2 Limiti di consistenza

I contenuti di acqua corrispondenti al passaggio tra i vari stati di consistenza sono conosciuti come limiti di consistenza delle terre o meglio come *limiti di Atterberg*.

Essi rivestono una notevole importanza per una definizione di tipo qualitativo delle terre, poiché permettono di definire la loro consistenza fisica in termini di stati fluido, plastico, semisolido e solido. Ciascun passaggio di stato è infatti marcato da un determinato valore di contenuto d'acqua del terreno: il passaggio tra stato fluido e stato plastico è detto limite liquido W_l ; quello tra stato plastico e stato semisolido è detto limite plastico W_p .

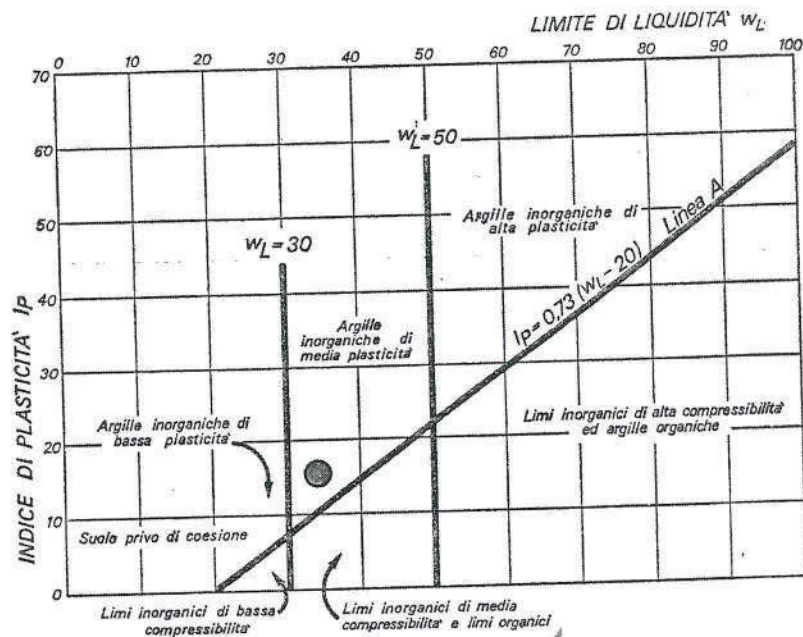
L'ampiezza del campo plastico è determinata dalla differenza tra il contenuto d'acqua corrispondente al valore del limite liquido ed il contenuto d'acqua corrispondente al valore del limite plastico. Ad essa viene dato il nome di indice plastico I_p ($I_p = Wl - Wp$) e fornisce un criterio del carattere argilloso della coltre eluviale.

L'indice di consistenza I_c definisce, infine, in funzione del contenuto naturale d'acqua W_n del terreno, quanto esso sia prossimo ad uno degli stati fisici riconosciuti sulla base dei valori limiti. In pratica ne caratterizza qualitativamente il comportamento fisico-meccanico ($I_c = Wl - W_n/I_p$).

campione (sigla)	profondità (m)	W_n (%)	Wl (%)	Wp (%)	I_p	I_c
CR1	8,00	27,51	33,93	18,87	15,06	0,426

Si rileva innanzitutto che il contenuto naturale d'acqua W_n del campione CR1 presenta un valore sufficientemente distinto dal limite di liquidità Wl ; esso, inoltre, presenta un contenuto d'acqua W_n che si pone in seno al campo plastico, ovvero tra il limite di liquidità Wl e quello di plasticità Wp .

Posizionando i valori limite ottenuti nel diagramma di plasticità di Casagrande (Wl/I_p), si osserva che il campione (sabbia con limo debolmente argillosa) ricade nel campo delle "argille inorganiche di media plasticità".



Esso ricade inoltre sopra la cosiddetta "Linea A", dove $I_p = 0,73 (w_L - 20)$, potendosi considerare pertanto come "argille inorganiche".

Sulla base dell'indice di plasticità I_p , pari a 15,06 si può affermare che lo stesso campione di sabbie limose ricade nel campo "plastico".

Indice di plast.	0 ÷ 4	5 ÷ 14	15 ÷ 39	> 40
Grado di plast.	non plastico	poco plastico	plastico	molto plastico

5.2.3 Analisi granulometrica

Sul campione CR1 è stata condotta un'analisi granulometrica attraverso vagliatura meccanica, per la porzione di terra avente grana di dimensione superiore a 0,075 mm. e attraverso sedimentazione con il metodo del densimetro, per il materiale avente diametro inferiore.

Il campione ricade per la maggior parte nel fuso granulometrico delle sabbie ed in minor misura nel fuso granulometrico del limo; solo in maniera molto marginale la curva interessa il fuso granulometrico delle argille. Si può dunque parlare, in base alla classificazione ai sensi della norma AGI 1977 di "sabbia con limo debolmente argillosa"

5.2.4 Resistenza al taglio

Sempre sul campione CR1 è stata eseguita, mediante scatola di Casagrande, una prova di taglio diretto in condizioni consolidate-drenate (prova tipo CD), attraverso cui si sono ricavati i parametri di resistenza al taglio dei terreni (c' e φ').

I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella che segue:

campione (sigla)	profondità (m)	angolo d'attrito φ'	Coesione C' (kPa)
CR1	8,00	28°	0,00

5.2.5 Prove di compressione monoassiale tipo DL

Sul campione S2, prelevato alla profondità di m 4,00, è stata eseguita una prova di compressione a dilatazione laterale libera.

La prova, condotta utilizzando una pressa oleodinamica da 250 KN, ha consentito di misurare una resistenza a rottura pari a 14,6 Mpa.

5.3 Valori nominali e valori caratteristici

I parametri geotecnici cosiddetti nominali devono essere interpretati in termini di valori caratteristici in relazione agli stati limite considerati per il progetto.

Si tratta di stimare in termini cautelativi i valori che influenzano l'insorgere dello stato limite.

La norma illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti: *“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo,*

o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità".

Nel caso in esame, per quanto di competenza, considerato che le strutture di progetto si collocheranno in seno alle arenarie bioclastiche, dotate di discrete qualità geomeccaniche e da poter considerare poco o nulla deformabili sotto i carichi ad esse trasmessi, si consiglia di assumere valori caratteristici non differenti dai valori desunti per le sabbie limose sottostanti, certamente cautelativi rispetto ai reali valori di resistenza al taglio della formazione calcarenitica.

5.4 Liquefazione ed esclusione dalla verifica

La liquefazione è un fenomeno per cui, in conseguenza dell'applicazione di azioni dinamiche quali le azioni sismiche agenti in condizioni non drenate, un terreno perde la propria resistenza al taglio.

Nel rispetto delle NTC e da quanto riportato su "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", a cura del Dipartimento di Protezione Civile, ai fini della progettazione è importante valutare la possibilità di occorrenza di fenomeni liquefazione.

Il pericolo liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti

(suscettibilità dei terreni). La probabilità che un deposito incoerente raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende prevalentemente dalle proprietà geotecniche, stato di addensamento del deposito, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche (caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata), ed età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

La probabilità che in terreni sabbioso saturi si manifesti liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. evento sismico atteso di magnitudo inferiore a 5;
2. terreni con caratteristiche ricadenti nelle seguenti condizioni:
frazione di fine, FC, superiore al 20% con indice di plasticità $PI > 10$;
 $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N1)_{60}^* > 20$;
 $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N1)_{60}^* > 25$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c.;
4. spessore del deposito potenzialmente liquefacibile inferiore dello spessore non liquefacibile sovrastante.

* $(N1)_{60}$ è valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT

I sondaggi e le prove eseguite hanno permesso di stabilire che il deposito non possiede le caratteristiche ricadenti nelle superiori condizioni e soprattutto che non vi è presenza di falda sino alla profondità significativa ai fini della valutazione del

fenomeno della liquefazione. Anche la distribuzione granulometrica dei terreni di fondazione non rientra tra quelle che afferiscono ai terreni liquefacibili. Pertanto la verifica non è necessaria.

6. MODELLO SISMICO

6.1 *Definizione della pericolosità sismica di base*

Con le NTC 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio che sia necessariamente "sito specifico".

Definite le coordinate del sito di progetto, questo sarà compreso tra 4 punti della griglia di accelerazioni (Allegato B delle NTC 2008), tramite media pesata utilizzando la formula:

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

in cui:

- p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i = valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i = distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Si otterranno così i parametri spettrali P (a_g, F_0, T^*c):

- a_g = accelerazione massima orizzontale attesa sul sito rigido specifico di interesse

- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione nello spettro in accelerazione con componente orizzontale
- T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante nello spettro in accelerazione orizzontale

Tali parametri, descrivono i caratteri del moto sismico orizzontale sul sito di riferimento rigido le cui grandezze, definiscono le forme spettrali relative alla particolare PV_R .

Nel caso specifico, sulla base delle acquisizioni sismiche sito specifiche HVSR, i terreni di fondazione del complesso parrocchiale sono ascrivibili, come si vedrà più avanti nel dettaglio, alla categoria di terreno "B".

6.2 Caratteristiche della superficie topografica

L'area interessata dalla realizzazione del complesso parrocchiale è caratterizzata da una morfologia subpianeggiante, alla quale può essere assegnata la categoria topografica T1 *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* .

A questa categoria topografica corrisponde un coefficiente topografico S_T pari a 1,00.

6.3 Definizione dell'azione sismica di riferimento

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la nuova normativa sulle costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, individua cinque principali categorie di profilo stratigrafico del terreno di fondazione (art. 3.2.1):

CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

(D.M. 14-01-2008):

Categorie di Suolo - Descrizione geotecnica V_{s30} (m/s) §3.2.2

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).</i>

Il valore di V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 metri delle onde di taglio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i / V}$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde S di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri.

Per definire questo parametro velocimetrico in maniera sperimentale è stata eseguita una indagine sismica HVSR di microtremore ambientale, attraverso due rilevazioni della durata di 20 minuti ciascuna.

Si tratta di un metodo di sismica passiva basato sul calcolo dei rapporti spettrali tra la componente orizzontale e la componente verticale del segnale acquisito (rapporto H/V) e consente di determinare la frequenza di risonanza o fondamentale, ovvero la frequenza con cui un terreno o un edificio vibra con maggiore ampiezza se sottoposto ad una sollecitazione sismica.

Tale frequenza viene determinata utilizzando il rumore ambientale (microtremore, ovvero rumore ambientale a corto periodo).

Lo strumento utilizzato è un tromografo digitale progettato per l'acquisizione del rumore sismico (noise), dotato di tre sensori elettrodinamici a diverso orientamento spaziale.

L'indagine sismica è stata eseguita dalla *Ditta Globalgeo S.r.l.*, che ha consegnato allo scrivente un apposito elaborato tecnico del quale si è detto ripetutamente e al quale si rimanda per gli opportuni approfondimenti (in calce alla presente relazione) e per tutti i dettagli relativi alla strumentazione, al metodo di acquisizione ed all'interpretazione dei dati misurati.

Le misurazioni eseguite hanno consentito di definire velocità sismiche V_{s30} pari a **425 m/s** m/sec per il TR01 e V_{s30} pari a **379 m/s** per il TR02.

Il terreno di fondazione dell'immobile di progetto rientra pertanto nella tipologia "B" di cui alle Tabb. 3.2.II e 3.2.III (par. 3.2), assimilabile a *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

7. INDICAZIONI PROGETTUALI

Seppure dall'esame di superficie dell'area in cui sarà realizzato il nuovo complesso parrocchiale non siano stati rilevati segni che possono indurre a diagnosticare fenomeni di instabilità geomorfologica, né altre situazioni di criticità geologica, necessita tuttavia attenersi ad alcuni interventi atti a garantire la staticità nel tempo delle strutture da realizzare.

Per quanto riguarda la tipologia delle fondazioni delle diverse strutture previste in progetto, tenuto conto dello spessore e dello sviluppo della formazione calcarenitica entro cui saranno impostate le strutture medesime, nonché delle sue caratteristiche di resistenza, per quanto di competenza potranno realizzarsi fondazioni dirette, anche se la tipologia e soprattutto il dimensionamento sono di esclusiva competenza del progettista.

E' necessario che gli apparati di fondazione dei diversi corpi di fabbrica siano impostati oltre lo spessore dei suoli bruni residuali, in seno alla formazione calcarenitica in posto, ma ad una profondità superiore a quella che è influenzata dalle variazioni meteorologiche stagionali, cioè sotto la zona soggetta a variazioni di volume per umidificazione, per essiccazione e per effetto del gelo. Questa profondità, in questa sede, viene valutata in almeno m 1,00 dal piano di campagna.

In tal modo sarà interamente asportata l'intera coltre di terreni residuali a matrice argillosa e la porzione più alterata della formazione di base, cosicché l'intero

sviluppo della fondazione possa interessare esclusivamente gli orizzonti litologici di base dotati di migliori caratteristiche geomeccaniche.

Nel caso in cui, dopo i previsti lavori di scavo per la realizzazione delle fondazioni, si dovessero ancora rinvenire sul piano di posa orizzonti particolarmente alterati, sarà necessario approfondire ulteriormente di qualche decimetro la quota dello scavo, sino ad ottenere un piano di fondazione il più omogeneo possibile, sotto l'aspetto della risposta geomeccanica alle tensioni che su di esso si andranno ad esercitare.

Le strutture di fondazione dovranno essere poggiate su un substrato il più uniforme possibile sotto l'aspetto della risposta geomeccanica alle sollecitazioni indotte dalla struttura: eventuali maggiori fasce di alterazione o sacche detritiche non rilevabili in questa fase dovranno essere asportate ed accuratamente sostituite con materiale idoneo o, ancor meglio, si dovrà ulteriormente approfondire l'intero piano di posa della fondazione sino al raggiungimento di un piano assolutamente omogeneo.

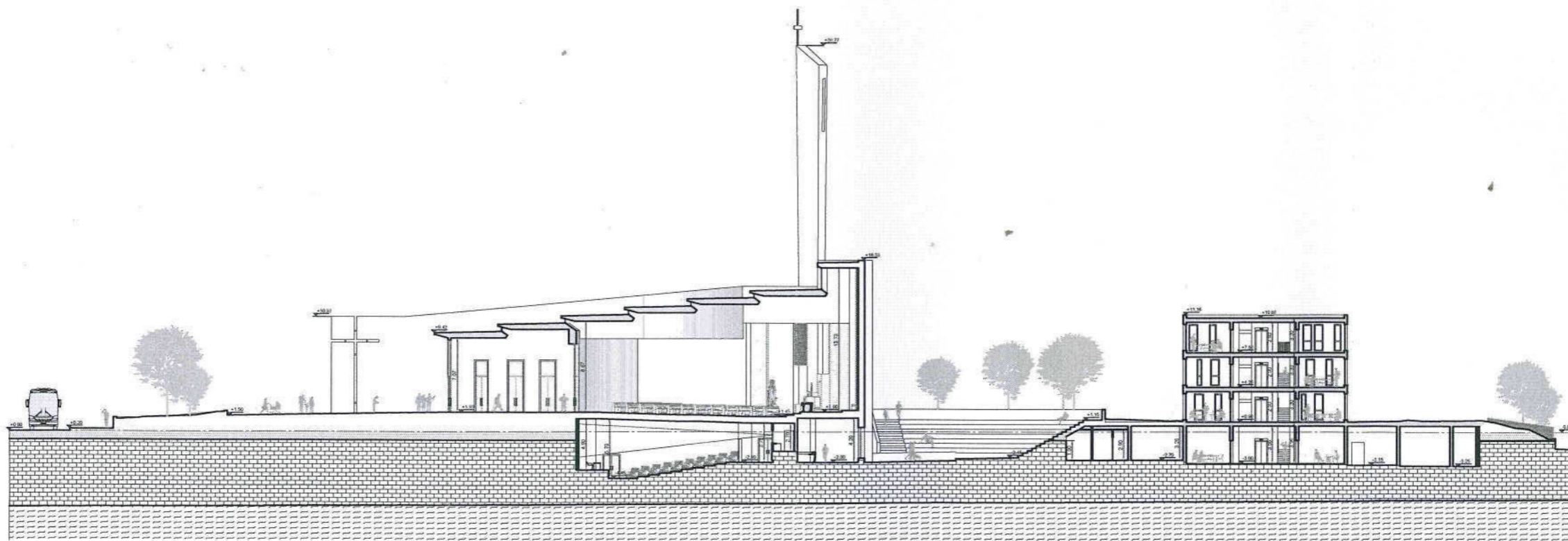
Allo scopo di evitare che le variazioni climatiche stagionali facciano approssimare a quote prossime al piano di posa della fondazione eventuali fasce di umidità e di relativa risalita capillare, sarà necessario realizzare un efficace isolamento idraulico delle stesse strutture fondali, con un opportuno vespaio di sottofondo di inerti calcarei a spigoli vivi sotto il magrone.

Analogamente dovranno realizzarsi degli adeguati drenaggi a tergo dei setti murari interrati.

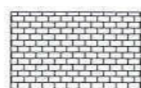
SEZIONE GEOLOGICA

Scala 1:500

SEZIONE AA



Coltri residuali a matrice argillosa di colore rosso



Alternanza di calcareniti variamente cementate e sabbie sciolte o addensate

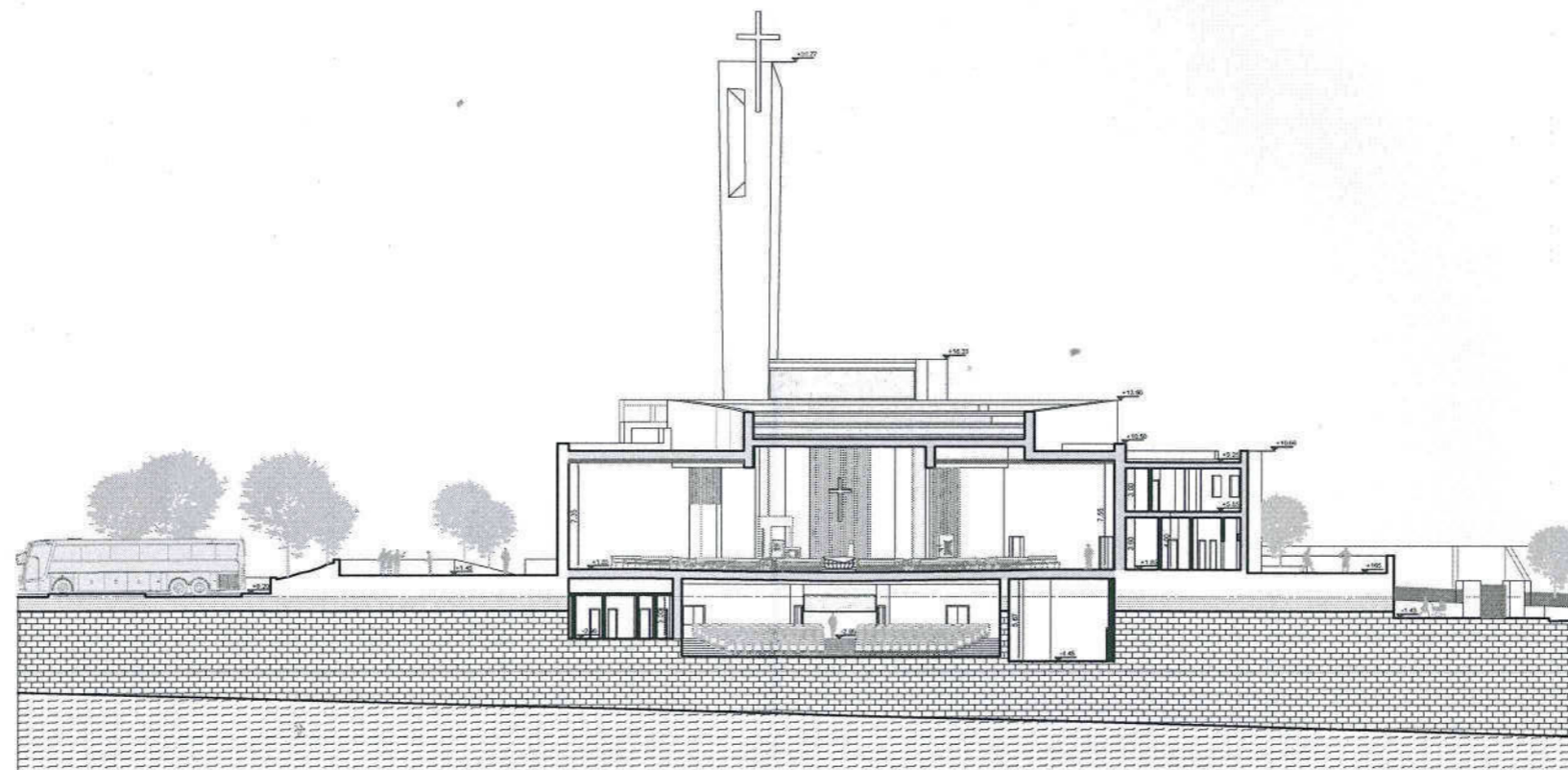


Sabbie con limo debolmente argillose

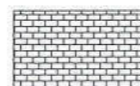
SEZIONE GEOLOGICA

Scala 1:500

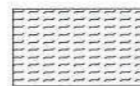
SEZIONE BB



Coltri residuali a matrice argillosa di colore rosso



Alternanza di calcareniti variamente cementate e sabbie sciolte o addensate

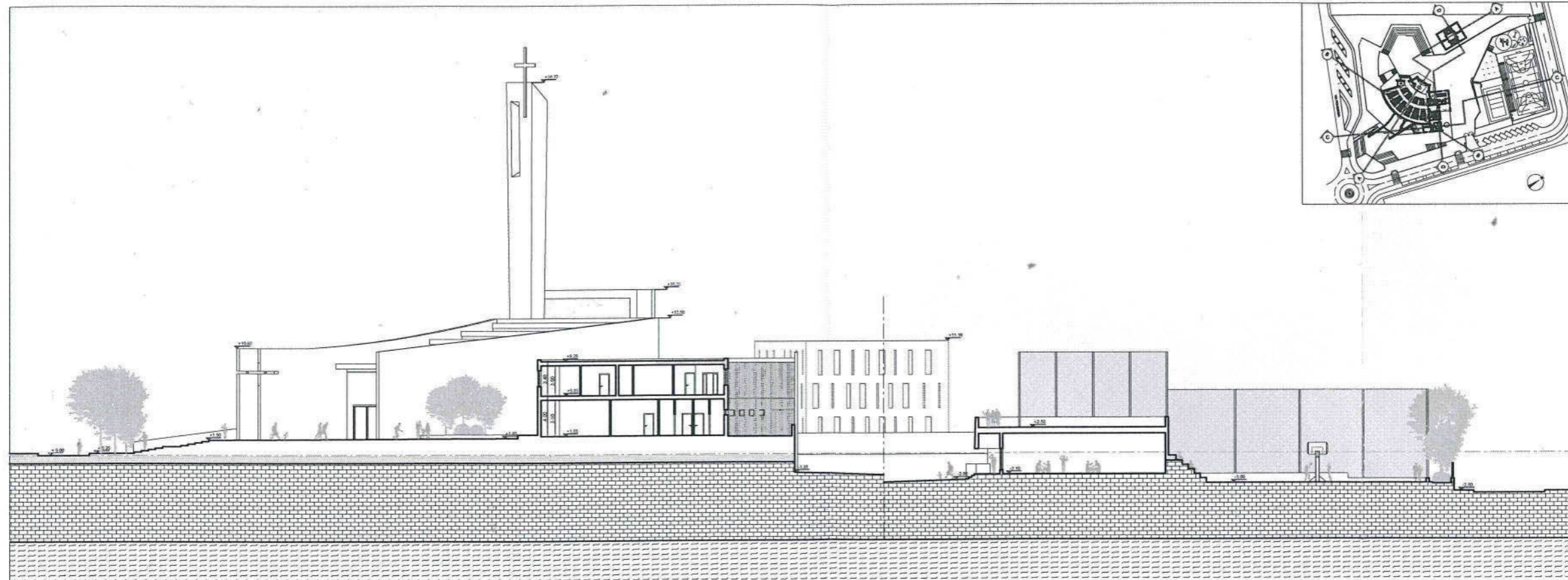


Sabbie con limo debolmente argillose

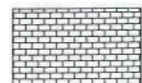
SEZIONE GEOLOGICA

Scala 1:500

SEZIONE CC



Coltri residuali a matrice argillosa di colore rosso



Alternanza di calcareniti variamente cementate e sabbie sciolte o addensate



Sabbie con limo debolmente argillose

8. CONCLUSIONI

Lo studio svolto sulla scorta della normativa tecnica vigente (D.M. 14.01.2008) ha permesso di inquadrare le problematiche di ordine geologico-tecnico connesse con la realizzazione delle strutture che costituiranno il nuovo complesso parrocchiale da dedicare al Beato Padre Giuseppe Puglisi

I dati acquisiti nel corso delle ricognizioni sui luoghi, unitamente a quelli desunti dalla campagna geognostica e geotecnica e dall'indagine sismica, hanno portato ad una completa definizione del modello geologico e ad una verifica dell'esecutività dell'opera, anche in considerazione delle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area.

E' possibile affermare che gli scavi da realizzare per la realizzazione del complesso non apporteranno turbative all'attuale assetto idrogeologico.

Per quanto di specifica competenza, sono state inoltre indicate alcune necessarie prescrizioni tecniche circa le modalità di esecuzione delle opere, cui occorre attenersi per garantire la stabilità delle opere e per mantenere l'equilibrio geomorfologico e l'assetto idrogeologico dell'intera area e dei terreni ad essa circostanti.

Si rimanda pertanto a quanto già esposto nei diversi paragrafi della presente relazione, restando comunque a disposizione della Direzione dei Lavori e della committenza per fornire, qualora fosse richiesta, una eventuale assistenza tecnica

per le problematiche di carattere geologico che si andranno ad affrontare in fase di esecuzione delle opere.

Palermo, 15 aprile 2014



Gian Vito Graziano
geologo