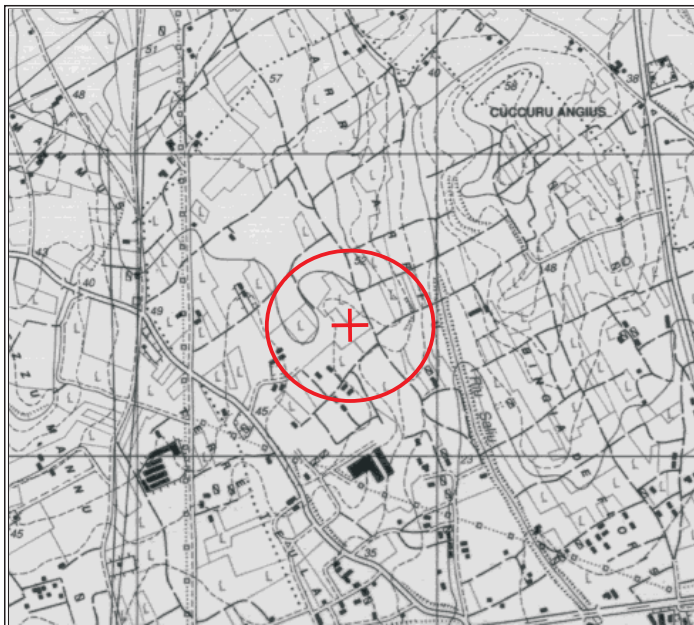




COMUNE DI MONSERRATO
PROVINCIA DI CAGLIARI



**LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL PADIGLIONE "Q"
DEL PRESIDIO OSPEDALIERO DI MONSERRATO**

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA

IL COMMITTENTE

**AZIENDA OSPEDALIERA
UNIVERSITARIA DI CAGLIARI**
Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari

I GEOLOGI



Dott. Geol. A. P. Grosso & Dott. Geol. M. Pilia

*Via Catalani, 7
09128 Cagliari (CA)*

*Tel./Fax +39.070.4525793
cell. +39.329.0050461*

E-mail: alessandro.grosso@tin.it

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.1 di 40	Rev. 0

Indice

1	PREMESSA	3
1.1	Normativa di riferimento	3
1.2	Inquadramento cartografico	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	7
2.1	Inquadramento geologico regionale	7
2.2	Inquadramento geologico locale	9
2.3	Analisi e descrizione della sismicità storica	11
2.4	Analisi e descrizione della eventuali situazioni di franosità o di dissesto idrogeologico pregresso;	12
2.5	Analisi e descrizione delle condizioni di antropizzazione presenti al contorno	12
3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA	14
3.1	Indagini geognostiche	14
3.1.1	Illustrazione del programma d'indagine e progettazione dello stesso	14
3.1.2	Descrizione dei risultati ottenuti e delle eventuali difficoltà incontrate	15
3.1.3	Esposizione ed interpretazione dei dati risultanti dalle indagini e dalle prove	23
4	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	25
4.1	Analisi e ricostruzione degli aspetti e dei processi morfologici	25
5	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE	25
5.1	Caratteri idrologici	25
5.2	Caratteri idrogeologici	26
6	INTERFERENZE CON IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	29
7	MODELLAZIONE SISMICA	29

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.2 di 40	Rev. 0

7.1	Definizione del terremoto di progetto e magnitudo;	29
7.2	Definizione delle forme spettrali definite dal DM 14.1.08	29
7.3	Parametri nel Nodo Sismico di riferimento	30
7.3.1	Parametri VN e CU	30
7.3.2	Parametri spettrali	32
7.4	Parametri di risposta sismica locale	32
7.4.1	Calcolo della V_{s30} per la definizione della categoria del suolo di fondazione	32
7.4.2	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	33
7.4.3	Accelerazione massima attesa in superficie	34
7.5	Valutazione del potenziale di liquefazione	35
8	ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA	35
8.1	Pericolosità geomorfologica	35
8.2	Problematiche idrogeologiche	36
8.3	Pericolosità idraulica	36
9	CONCLUSIONI	36
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	37
11	ALLEGATI	38

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.3 di 40

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico dell'Azienda Ospedaliero Universitaria di Cagliari, Via Ospedale 54, Cagliari, fornisce le principali indicazioni sui caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici, del settore interessato dai **"lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato"** ed in particolare di una **"nuova struttura di collegamento (passerella bipiano), corredata da due scale di sicurezza, da porre all'esterno tra due blocchi ospedalieri esistenti"**.

Lo studio è stato condotto sulla base di un rilievo geologico dell'area, supportato dai dati della cartografia geologica ufficiale, integrati con i dati dell'indagine geognostica appositamente eseguita e di quelli derivanti da quelle precedentemente eseguite.

1.1 Normativa di riferimento

Il progetto di cui alla presente relazione è redatto in conformità alle disposizioni delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito "N.T.C."), emesse con Decreto Ministro delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008, di concerto con il Ministro dell'interno e con il Capo del Dipartimento della Protezione Civile, ai sensi delle Leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, così come riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto legge 28/05/2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss. mm. ii.; è inoltre redatto in conformità alle seguenti disposizioni di legge:

- *Circolare del Ministero dei lavori Pubblici, n. 3797 (Pres. Cons. Superiore-Servizio Tecnico Centrale, 6 novembre 1967)*
Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni.
- *Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3*
Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.
- *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617*
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

1.2 Inquadramento cartografico

Il sito interessato dall'opera è ubicato nel Comune di Monserrato ed in particolare in loc. "Terre Teula", alla periferia NE dell'abitato di Monserrato. L'area è contenuta nella seguente cartografia:

- Foglio 557 della carta dell'I.G.M. in scala 1:50.000;
- Foglio 557 Sez. III "Cagliari" della cartografia dell'I.G.M. in scala 1:25.000 Fig. **1.2/A**;
- Foglio 557 n. 100 "Monserrato" del CTR numerico della R.A.S. in scala 1:10.000 Fig. **1.2/B**;

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.4 di 40	

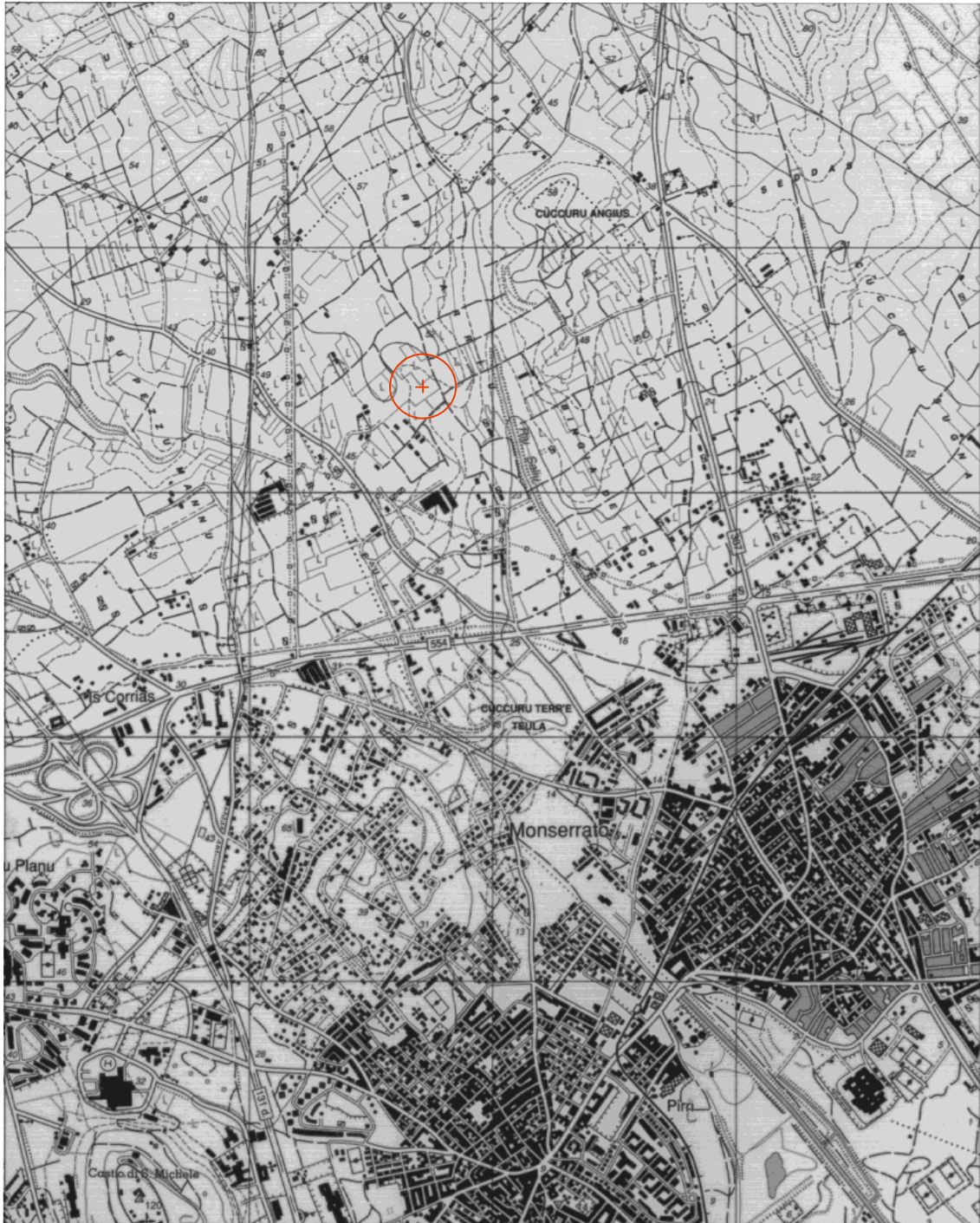


Fig. 1.2/A: stralcio del foglio 557 sez. III "Cagliari" dell'IGM in scala 1:25000.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato			Incarico del 25/05/2011
				Fg.5 di 40

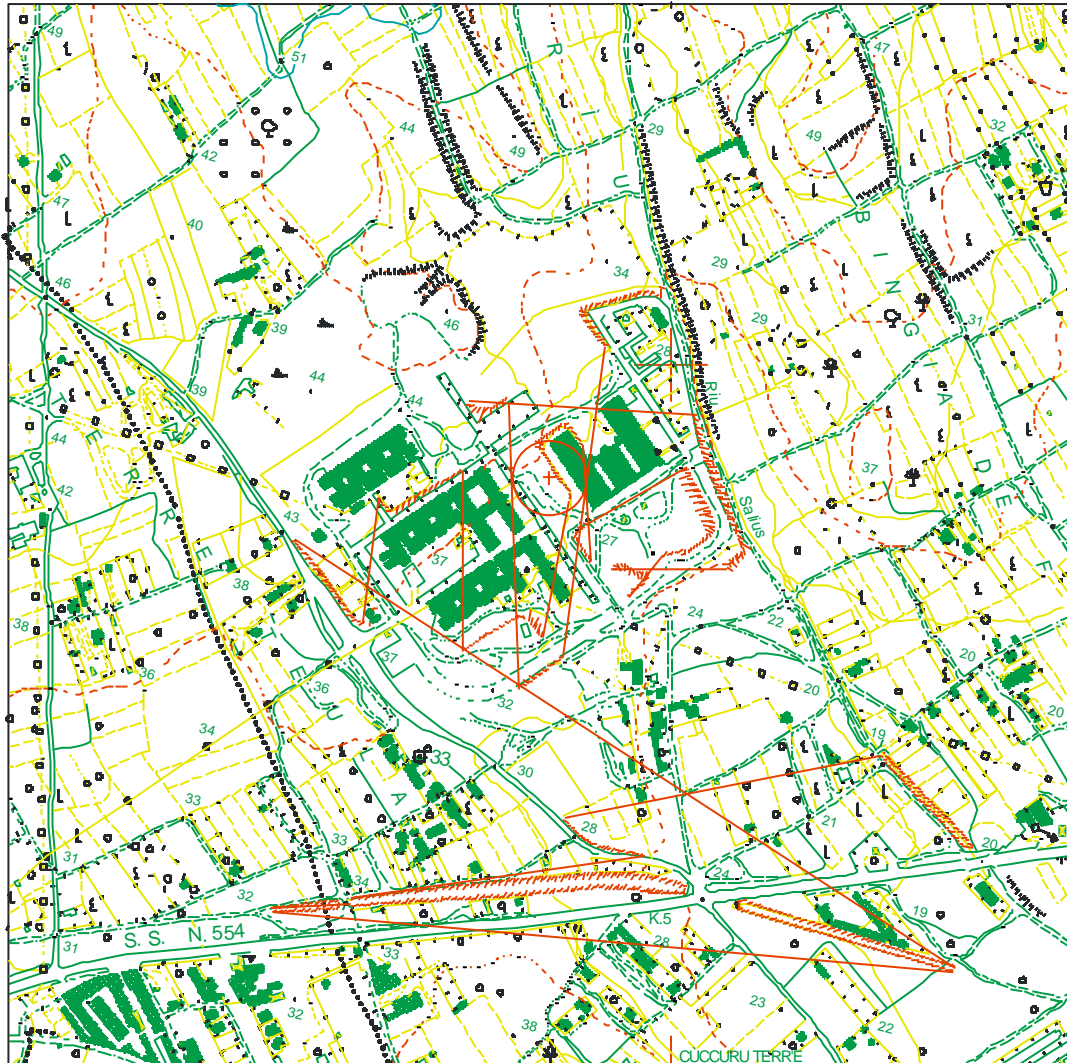


Fig. 1.2/B: stralcio del foglio 557100 "Monserrato" in scala 1:10000.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.6 di 40	Rev. 0



Fig. 1.2/C: Vista aerea del sito di interesse

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.7 di 40

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2.1 Inquadramento geologico regionale

Dal punto di vista geologico l'area di interesse ricade nel Campidano sud orientale e comprende i territori di Cagliari, Quartu S.E., Monserrato, Quartucciu e Selargius.

Nel complesso il settore si presenta pianeggiante, ricca di stagni e di lagune, su cui spiccano colline (100 - 120 m) costituite da coperture mioceniche. Altre colline, più basse, si rinvengono nell'entroterra, spesso ricoperte da sottili depositi alluvionali antichi del pleistocene.

I terreni e le rocce presenti hanno avuto origine da una sedimentazione marina a carattere trasgressivo di mare poco profondo, che ha colmato la "fossa sarda" oligo-miocenica. L'intero settore successivamente, durante il plio-quadernario, è stato interessato da eventi neotettonici con andamento NW-SE, che hanno dato origine ad un horst, rappresentato dalle colline di Cagliari e causato un basculamento verso ovest della seguente successione di unità litostratigrafiche. Dal basso verso l'alto:

- la formazione delle Marne di Gesturi, costituite da marne argillose di colore grigio e giallo ben stratificate. All'interno delle marne, attribuite al Burdigaliano superiore – Langhiano medio per il contenuto fossilifero in esse presente e rappresentato da microfaune planctoniche, vi sono dei livelli tufacei pomiceo-sanidinici di spessore variabile. I principali affioramenti, di questa formazione, sono visibili nei rilievi collinari a nord e ad est della città di Quartu S. Elena, tra gli abitati di Sestu, Monserrato, Settimo S. Pietro, Maracalagonis, costeggiando lo stagno di Simbirizzi per arrivare fino alla costa. La serie Langhiana affiorante trova conferma nel sondaggio del pozzo Toseroni nel viale Marconi e nel sondaggio eseguito per la costruzione del mercato civico di Quartu S.Elena, fermandosi entro la suddetta serie, il primo alla profondità di 300 metri ed il secondo a 20 metri. (Langhiano) MIOCENE;
- alle marne langhiane seguono le Arenarie di Pirri, tipici sedimenti di ambiente litorale passanti localmente a termini più conglomeratici verso est. Si tratta di una serie arenaceo-sabbiosa con una scarsa presenza di microfaune, ma di età riferibile al Serravalliano per la presenza di forme bentoniche. Il contatto con le marne sottostanti è netto e visibile, in particolare nelle cave di argilla nel territorio di Quartu S.Elena. I maggiori affioramenti li troviamo dall'entroterra di Quartu S.E., fino al Golfo di Cagliari, ed in particolar modo tra gli abitati di Pirri (da cui queste arenarie prendono il nome) e a SW di Monserrato (Serravalliano) MIOCENE;
- sovrastanti le arenarie di Pirri, esclusivamente nelle colline di Cagliari, affiora un complesso prevalentemente carbonatico, costituito alla base da calcare marnoso-arenaceo tenero, denominato "Pietra Cantone" (Tortoniano). In continuità stratigrafica si rinvia un calcare granuloso detto "Tramezzario", chiude la serie un calcare organogeno chiamato "Pietra Forte" (Tortoniano-Messiniano). Le tre unità litostratigrafiche sopra descritte appartengono alla Formazione del calcare di Cagliari, MIOCENE.

A partire dal Miocene sup. si ha un'intensa fase erosiva legata ad una nuova generalizzata regressione marina "Messiniana" responsabile, nel settore di interesse, dello smantellamento dei sedimenti serravalliano-tortoniani ancora presenti nelle colline

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.8 di 40

di Cagliari. Durante il plio-pleistocene, la Sardegna viene interessata da una tettonica distensiva con manifestazioni di un sistema di faglie per lo più dirette che spesso ricalcano le vecchie fratture tardo erciniche. In quest'arco di tempo si hanno strutture a horst e graben con lo sviluppo, all'interno della fossa sarda, del graben del Campidano esteso dal golfo di Cagliari a quello di Oristano.

Parte del territorio attraversa un periodo di subsidenza attiva, in cui la fossa del Campidano di Quartu è alimentata dai settori meno stabili rappresentati dalle colline meridionali del Sarrabus e da quelle di Cagliari.

Nelle zone più subsidenti, nel Pliocene inferiore, si ha una trasgressione localizzata, che porta alla deposizione di sedimenti marini come quelli ritrovati in alcuni sondaggi nel sottosuolo dell'area urbana di Quartu S. Elena.

Tali sedimenti sono stati rinvenuti ad una profondità di 15.80 m e per uno spessore poco inferiore ai due metri, sovrastanti le marne langhiane. Si tratta di silt marnoso-sabbioso a piccoli bivalvi, depositatosi in mare aperto e profondo, di età riferibile al Pliocene inf. sulla base della composizione microfaunistica.

Se si escludono i depositi costieri attribuibili al "Tirreniano", la serie quaternaria affiorante in tutto il settore inizia con depositi appartenenti al Subsistema di Portoscuso. Si tratta di depositi del Pleistocene sup. di età post-Tirreniana, costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate.

Tali depositi, formati da clasti sub angolosi, che raggiungono talvolta la taglia dei blocchi, sono da riferirsi a prodotti di rimaneggiamento per processi di degradazione fisica. Questi lembi rappresentativi dei depositi fluviali terrazzati, sono ubicati ad altezze diverse sul livello del mare e prevalentemente su depositi miocenici, abbassandosi progressivamente di quota, da nord a sud, fino ad arrivare nelle vicinanze della linea di costa.

A questi seguono i depositi Olocenici costituiti da sedimenti alluvionali e costieri che hanno contraddistinto sia le dinamiche attuali che quelle passate.

I primi sedimenti cronologicamente presenti sono costituiti dai Depositi di spiaggia e dai cordoni litorali antichi, che fanno da contorno al bacino studiato.

Tali sedimenti sono rappresentati da ghiaie sabbiose medio-grossolane affioranti con uno spessore superiore ai 10 m presso il cordone di Is Arenas.

A questi sedimenti costieri seguono i Depositi alluvionali terrazzati, costituiti da ghiaie grossolane e sabbie prevalenti. I depositi a sabbie prevalenti si rinvengono a profondità di 10-15 m, presso gli abitati di Quartu S.Elena, Quartucciu e parte di Selargius. Sotto la SS 554, si passa a depositi a ghiaie prevalenti con livelli di sabbie e ghiaie fini a stratificazione incrociata, con un contatto stratigrafico presunto, a N di Selargius e per tutta l'area sovrastante.

I depositi di versante e coltri eluvio-colluviali si rinvengono rispettivamente a nord dell'abitato di Sinnai, nelle valli dei Rii Sa Cracuraxius e Sa Grutta e nelle vicinanze dei depositi marnosi miocenici, oltre la SS 554, ad est di Quartu S.Elena, Quartucciu e sopra lo stagno Simbirizzi. In tali depositi eluvio-colluviali, immersi in matrice sabbiosa-siltosa, sono presenti dei suoli più o meno pedogenizzati ed arricchiti in frazione organica.

Sono presenti inoltre, dei depositi palustri, costituiti da argille limose grigio-verdastre con abbondante frazione organica e frammenti di molluschi marini e lagunari situati presso lo stagno di Molentargius, dei depositi alluvionali come quelli presenti presso il Riu di S.Giovanni a Selargius e depositi a causa di eventi idrometeorici eccezionali, che riattivano le possibili dinamiche alluvionali e dei depositi antropici di età chiaramente olocenica.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.9 di 40	Rev. 0

2.2 Inquadramento geologico locale

Come riportato nella carta geologica in scala 1.10000 (**Fig. 2.2/A**), il settore su cui insiste l'opera in progetto si caratterizza in prevalenza per la presenza di un substrato costituito da depositi marini ed in particolare marne, sulle quali si rinvengono, in netta discordanza stratigrafica depositi alluvionali terrazzati e non.

A partire dai litotipi più recenti a quelli più antichi la stratigrafica del settore può essere così descritta:

Coperture oloceniche recenti ed attuali

Si tratta di depositi plio-pleistocenici caratterizzati da una complessa sequenza litologica alla quale, oltre ai depositi naturali, si sovrappongono localmente depositi antropici.

Depositi olocenici.

Depositi eluvio-colluviali (b2). L'evoluzione morfologica dei rilievi porta poi ad avere l'accumulo di coltri eluviali e colluviali a seconda che i materiali che le costituiscono si trovino in prossimità o abbiano subito trasporto e siano stati allontanati dal luogo di formazione. Queste coltri sono contraddistinte da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. Questi depositi affiorano estesamente nel settore SO.

Depositi alluvionali (ba). In corrispondenza del fondo valle del rio Salius si rinvengono depositi alluvionali costituiti da ghiaie da grossolane a medie.

Depositi alluvionali terrazzati. Si tratta di depositi terrazzati costituiti da ghiaie con subordinate sabbie (**bna**). Localmente da sabbie (**bnb**). La loro potenza non supera i 2-3 m. Sono ampiamente diffuse in tutta l'area cartografata a tutte le quote. Poggiano in discordanza sulle formazioni mioceniche.

Coperture mioceniche

- **Formazione delle Marne di Gesturi (GST).** Si tratta di marne argillose di colore grigio e giallo ben stratificate. All'interno delle marne, attribuite al Burdigaliano superiore – Langhiano medio per il contenuto fossilifero. In esse vi sono dei livelli tufacei pomiceo-sanidinici di spessore variabile. Questa formazione ampiamente presente in tutto il campidano meridionale, nell'area di interesse costituiscono il substrato dell'opera in progetto.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato			Incarico del 25/05/2011
				Fg.10 di 40




Fig. 2.2/A: carta geologica in Scala 1:10.000

Legenda


DEPOSITI OLOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE

DEPOSITI OLOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE

AMBIENTE CONTINENTALE - SEDIMENTI LEGATI ALLA GRAVITÀ

 DEPOSITI ELUVIO - COLLUVIALI (**b2**): detriti immersi in matrice fine talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti (**b2**). Spessore: fino a 1-2 m; - OLOCENE -

AMBIENTE CONTINENTALE - SEDIMENTI ALLUVIONALI

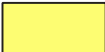
 Depositi alluvionali (**bā**). Ghiaie da grossolane a medie.

 Depositi alluvionali terrazzati (**bnā**). Ghiaie con subordinate sabbie .


 Depositi alluvionali terrazzati (**bnb**). Sabbie .

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DELLA SARDEGNA MERIDIONALE

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL CAMPIDANO-SULCIS

 MARNE DI GESTURI (**GST**). Marne arenacee e siltiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO

 Faglie

 Sito di interesse

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.11 di 40

2.3 Analisi e descrizione della sismicità storica

Per evidenziare il risentimento dei terremoti passati avvenuti nell'area di studio, è stata ricostruita la storia sismica dei comuni interessati dall'opera in progetto. I dati sono stati tratti dal database disponibile sul web "DBMI04", un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana (a cura di Stucchi M. ET al., 2007), che contiene i dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti, che sono stati utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04.

Sulla base del database "DBMI04" non sono emersi eventi sismici significativi in Sardegna.

Che la sismicità della Regione Sardegna sia bassa, anzi bassissima, ce lo dicono molti indicatori: l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, secondo qualsiasi ricostruzione, ci dice che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni.

Il catalogo storico dei terremoti riporta, infatti, solo 2 eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948); il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta solo alcuni eventi nel Tirreno e pochissimi eventi a Sud della Sardegna (come gli ultimi eventi del marzo 2006), tutti eventi di magnitudo inferiore a 5.

Si tratta, insomma, di eventi di bassa energia, rari, che possono avvenire un po' ovunque; in particolare i terremoti localizzati in mare nel Tirreno Orientale, risultano piuttosto superficiali (profondità inferiori a 20 km). Dal punto di vista della pericolosità sismica, vale a dire della probabilità di occorrenza di questi eventi, il livello è così basso che non si riesce a valutare in maniera adeguata e affidabile. Per questi motivi si propone un valore di "default" per tutta la Sardegna di accelerazione massima pari a 0,050 g, cioè un valore di pericolosità prefissato, basso, di cautela per l'intera isola.

L'evento sismico più forte in Sardegna è stato registrato nel 1948 nella zona tra Castelsardo e Tempio Pausania; fu un terremoto che provocò solo qualche lieve danno. Nel 2006 alcune scosse avvennero nel Golfo di Cagliari; spaventarono la popolazione ma non fecero danni.

La Fig. 2.3/A e la Tab. 2.3/A riassumono le massime intensità macrosismiche registrate nella Regione Sardegna con particolare riferimento al Comune di Monserrato.

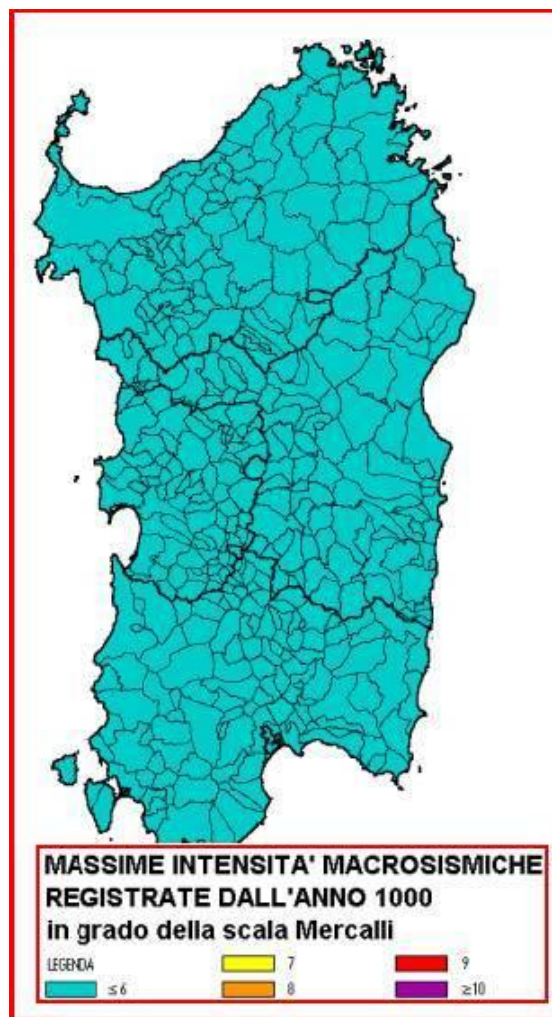


Fig. 2.3/A: Massime intensità macrosismiche registrate dall'anno 1000 d.c. nel territorio della Regione Sardegna

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserato		Incarico del 25/05/2011	
				Fig.12 di 40

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
Monserato	20	92	1	39°15'19,08''.	9°08'27,24'	<= 6

Tab. 2.3/A: Massima intensità macrosismica registrate dall'anno 1000 d.c. nel territorio Comunale di Monserato

Consultando la carta di Zonazione Sismogenetica ZS4 (1996) e la successiva Zonazione Sismogenetica denominata ZS9 (Fig. 2.3/B), elaborata dal gruppo di lavoro facente capo all'INGV (2004), si può evidenziare che le aree interessate dalle opere in progetto non ricadono all'interno di nessuna area sorgente.

Per quanto riguarda la Sardegna, data la bassa sismicità dell'isola, non è stata ricostruita alcuna zona sismogenetica affidabile (Stucchi ET al., 2007).

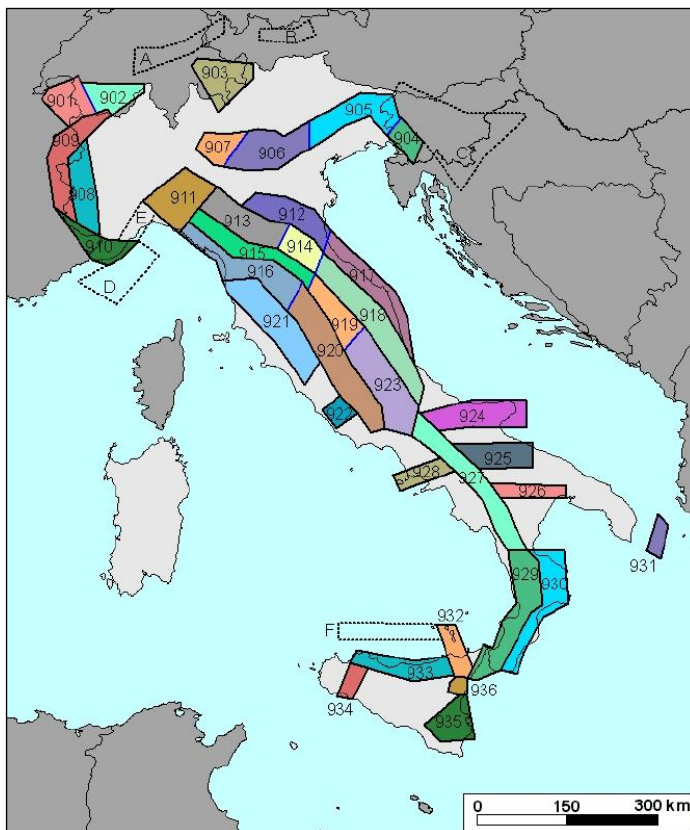


Fig.2.3/B: Zonazione sismo genetica ZS9 dell'Italia (gruppo di lavoro INGV 2004)

2.4 Analisi e descrizione della eventuali situazioni di franosità o di dissesto idrogeologico progressivo;

Se si esclude il tratto di costa oggetto del presente intervento, nel settore di studio non si evidenziano particolari eventi di franosità o di dissesto idrogeologico progressivo.

2.5 Analisi e descrizione delle condizioni di antropizzazione presenti al contorno

L'antropizzazione del settore è molto forte in quanto la morfologia originaria è stata ampiamente modificata con la realizzazione di sterri e riporti finalizzati ad ospitare le diverse strutture del policlinico universitario Fig. 2.5/A ma anche di tutti gli altri padiglioni dell'università Fig. 2.5/B. A questi si sommano tutte le infrastrutture come strade e ponti realizzati o modificati a servizio del policlinico. ampiamente tratto costiero è molto limitata.

Nel complesso gli insediamenti abitativi sono limitati alle case presenti nelle adiacenze del sito di interesse.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.13 di 40



Fig. 2.5/A: vista del policlinico



Fig. 2.5/B: vista della cittadella universitaria

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg. 14 di 40

3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

La modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio (e non del sito di intervento cfr § 6.2.1 NTC 08).

Quindi, una completa o esaustiva definizione del modello geologico, tende ad analizzare tutti gli aspetti utili alla caratterizzazione del sito (partendo da un ambito morfologico più esteso del territorio) ai fini della definizione degli scenari di pericolosità geologica.

3.1 Indagini geognostiche

3.1.1 Illustrazione del programma d'indagine e progettazione dello stesso

Il programma delle indagini ha tenuto conto di quelle che sono le conoscenze di base dell'area. In particolare l'esecuzione di importanti lavori di sbancamento per la realizzazione delle opere esistenti.

Gli studi geologici e le indagini geognostiche, eseguite dal Dott. Geol. Alessandro Melis, per la realizzazione del padiglione esistente hanno permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico dei litotipi affioranti e/o costituenti i terreni di sedime dell'opera in progetto.

Nello specifico nel settore di interesse sono stati realizzati 8 sondaggi, che hanno raggiunto una profondità di 25 m dal piano di campagna.

Nell'ambito delle stesse indagini geognostiche oltre ai sondaggi sono state eseguite tutta una serie di prove penetrometriche statiche, che tuttavia non sono risultate utili, ai fini di questo studio, in quanto, avendo raggiunto profondità non superiori ai 6 m, hanno caratterizzato litotipi che sono stati successivamente sbancati.

Per ovviare alla carenza di dati geotecnici in corrispondenza dell'area di ingombro sono state eseguite, una prova sismica per la determinazione del V_{s30} e due prove penetrometriche dinamiche.

Le indagini geognostiche sono state completate con l'esecuzione di un Pozzetto esplorativo, eseguito con mezzo meccanico, dal quale si è proceduto al prelievo di campioni rappresentativi, successivamente sottoposti ad analisi di laboratorio.

L'ubicazione delle prove e delle indagini sono riportate in **Fig. 3.1.1/A**,

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Mon serrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Mon serrato			Incarico del 25/05/2011
			Fg.15 di 40	Rev. 0

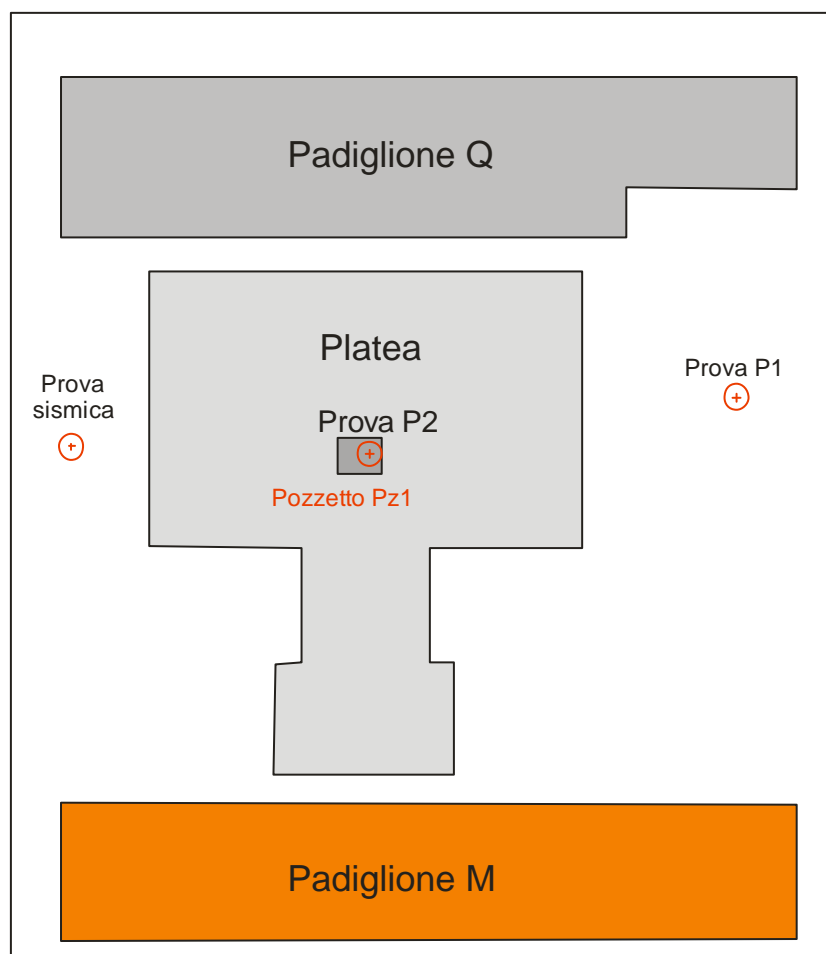


Fig. 3.1.1/A: ubicazione delle indagini

3.1.2 Descrizione dei risultati ottenuti e delle eventuali difficoltà incontrate

Come già evidenziato nel settore di interesse sono stati eseguiti 8 sondaggi geognostici alla profondità dal piano di campagna di 25 m. Di questi solo tre ed in particolare 2, 6 e 8 ricadono nell'area di interesse.

Nell'ambito delle stesse indagini geognostiche oltre ai sondaggi sono state eseguite tutta una serie di prove penetrometriche statiche, che tuttavia non sono risultate utili ai fini di questo studio, in quanto, avendo raggiunto profondità non superiori ai 6 m, hanno caratterizzato litotipi che sono stati successivamente sbancati **Fig. 3.1.2/A**.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.16 di 40



Fig. 3.1.2/A: particolare dei lavori di sbancamento.

Di seguito si descrivono i risultati ottenuti durante l'esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche siano queste pregresse e/o recenti. In particolare la descrizione e le considerazioni sono state suddivise in relazione alla tipologia delle indagini.

Sondaggi geognostici

Le indagini geognostiche eseguite preliminarmente ai lavori di realizzazione della clinica universitaria hanno consentito di ricostruire l'assetto stratigrafico del settore, limitatamente alle profondità raggiunte (25 m dal piano di campagna).

Nelle **Fig. 3.1.2/B, 3.1.2/C e 3.1.2/D** si riportano le stratigrafie dei terreni interessati dai sondaggi 2, 6 e 8.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato			Incarico del 25/05/2011
			Fig. 18 di 40	Rev. 0

geoconsult s.r.l. Via Mozart, 3 - Tel. 813938 09045 QUARTU S. E.		COMM. <u>ITALPOSTE</u> DATA <u>GIUGNO 1984</u> LOCALITA <u>MONSERRATO</u> SOND. N. <u>6</u> POSIZIONE _____ QUOTA <u>p.c.</u> METODO PERFORAZIONE <u>Rotazione</u> DIAMETRO \varnothing <u>101 mm</u>					
Prof. mt.	Camp.	Prof. Camp.	Stratigrafia	Descrizione terreno	SPT		NOTE
					H.	N.	
0.70				Suolo argilloso con ciottoli, rimaneggiato			
3.60				Marne terrose + incoerenti con ciottoli e noduli carbonatici			
11.00				Marne gialline sovraconsolidate (lapidee)			
25.00				id. grigie scure			

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato			Incarico del 25/05/2011
			Fg. 19 di 40	Rev. 0

geoconsult s.r.l. Via Mozart, 3 - Tel. 813936 09045 QUARTU S. E.		COMM. <u>ITALPOSTE</u> DATA <u>GIUGNO 1984</u> LOCALITÀ <u>MONSERRATO</u> SOND. N. <u>8</u> POSIZIONE _____ QUOTA <u>p.c.</u> METODO PERFORAZIONE <u>ROTAZIONE</u> DIAMETRO ϕ <u>101 mm</u>					
Prof. mt.	Camp.	Prof. Camp.	Stratigrafia	Descrizione terreno	SPT		NOTE
					K	N	
0.80				Suolo argilloso con ciottoli, rimaneggiato Marne terrose coerenti, asciutte, compatte			
5.00				Marne gialline sovraconsolidate (lapidee)			
10.00				id. grigie scure			
25.00							

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.20 di 40

Pozzetto esplorativo

In data 11/04/2011 si è proceduto, con l'ausilio di un mezzo meccanico, alla realizzazione di un pozzetto esplorativo denominato P1 che ha raggiunto la profondità di 1,00 m dal p.c. **Fig. 3.1.2/E.**



Fig. 3.1.2/E: particolare del pozzetto esplorativo PZ1.

Prove in situ

Le prove sono state eseguite nella stessa data della realizzazione del pozzetto esplorativo, con un penetrometro dinamico leggero (maglio da 30 Kg) (per le caratteristiche tecniche si veda **Tab. 3.1.2/A**).

Le due prove penetrometriche di cui si riportano i risultati sono state eseguite la prima a partire dall'attuale piano di campagna, mentre la seconda all'interno del pozzetto esplorativo **Fig. 3.1.2/E.**

Motore	scoppio 4 tempi KW1.9 97CC - 4200giri/min
Carburante	Benzina Verde
Trasmissione	meccanica tramite cavo flessibile in guaina
Frequenza percussione	max 45 colpi/min (regolabile)
Altezza caduta libera	20 cm
Peso maglio	kg 20+10 aggiuntivi
Aste	$\phi=2.2$ cm, L=100cm con tacche di riferimento ogni 10cm, peso=2.9 kg/m
Punte	$\phi=3.56$ cm, $\beta=60^\circ$ S=10 cm ²
Peso gruppo motore-corda	kg 18
Peso gruppo maglio	kg 12.5
Peso estrattore	kg 12

Tab. 3.1.2/A: caratteristiche tecniche del penetrometro dinamico "Penny 30 della Compac"

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.21 di 40

Questo tipo di prova consiste nell'infissione, mediante una massa battente, di una batteria di aste munita all'estremità di una punta conica e nella registrazione del numero di colpi necessari all'approfondimento di tratti consecutivi di 10 cm (N_{10}).

Attraverso questo tipo di prova si ottiene il valore di Rpd (kg/cmq). Tale valore deriva dall'applicazione della formula degli Olandesi, vedi certificati in allegato:

$$Rpd = M^2 \cdot H / A \cdot e \cdot (M + P + Pp) \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Dove:

M = Peso massa battente (kg)

A = Area base punta conica (cmq)

P = Peso aste per metro lineare (kg)

H = Altezza caduta libera (cm)

e = Infissione per colpo = 10/N (cm)

Pp = Peso sistema di battuta (kg)

I risultati delle prove sono stati restituiti sotto forma tabellare **Tab. 3.2.1/B** e di diagrammi aventi in ordinata la profondità ed in ascissa il numero dei colpi N_{10} (log penetrometrici) **Fig. 3.1.2/F e Fig. 3.1.2/G**.

Profondità	N. aste	Prova 1	Prova 2	Prova 1	Prova 2
		Npd	Npd	Rpd	Rpd
				kg/cm ²	kg/cm ²
da 0 a 10	1	16	4	64,1	16,0
da 10 a 20	1	12	4	48,1	16,0
da 20 a 30	1	17	8	68,2	32,1
da 30 a 40	1	12	10	48,1	40,1
da 40 a 50	1	7	9	28,1	36,1
da 50 a 60	1	7	10	28,1	40,1
da 60 a 70	1	15	19	60,1	76,2
da 70 a 80	1	24	24	96,2	96,2
da 80 a 90	1	26	24	104,2	96,2
da 90 a 100	2	29	8	109,2	30,1
da 100 a 110	2	24	17	90,4	64,0
da 110 a 120	2	12	14	45,2	52,7
da 120 a 130	2	13	14	49,0	52,7
da 130 a 140	2	6	8	22,6	30,1
da 140 a 150	2	15	16	56,5	60,3
da 150 a 160	2	Rifiuto	13	Rifiuto	49,0
da 160 a 170	2		15		56,5

Tab. 3.1.2/B: risultati delle prove penetrometriche P1 e P2

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato			Incarico del 25/05/2011
			Fg.22 di 40	Rev. 0

		Prova 1	Prova 2	Prova 1	Prova 2
Profondità	N. aste	Npd	Npd	Rpd	Rpd
				kg/cm ²	kg/cm ²
da 170 a 180	2		15		56,5
da 180 a 190	2		14		52,7
da 190 a 200	3		16		56,8
da 200 a 210	3		28		99,4
da 210 a 220	3		30		106,5
da 220 a 230	3		28		99,4
da 230 a 240	3		40		142,0
da 240 a 250	3		49		174,0
da 250 a 260	3		43		152,7
da 260 a 270	3		80		284,0

Tab. 3.1.2/B (segue): risultati delle prove penetrometriche P1 e P2

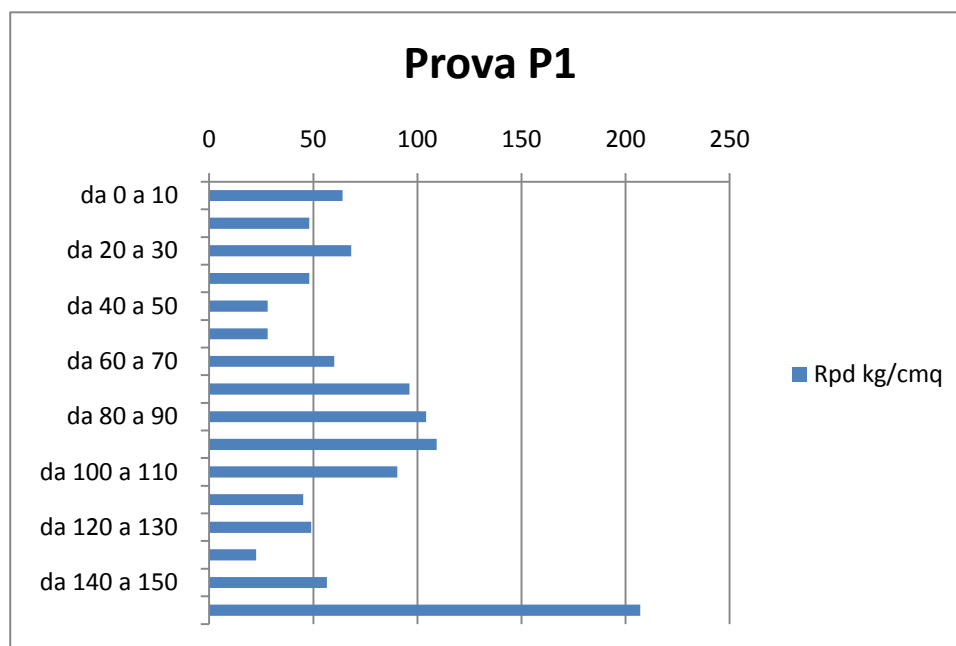


Fig. 3.1.3/F: istogramma dei valori di Rpd relativi alla prova P1

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Mon serrato	RELAZIONE GEOLOGICA		
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Mon serrato			Incarico del 25/05/2011	
				Fg.23 di 40	Rev. 0

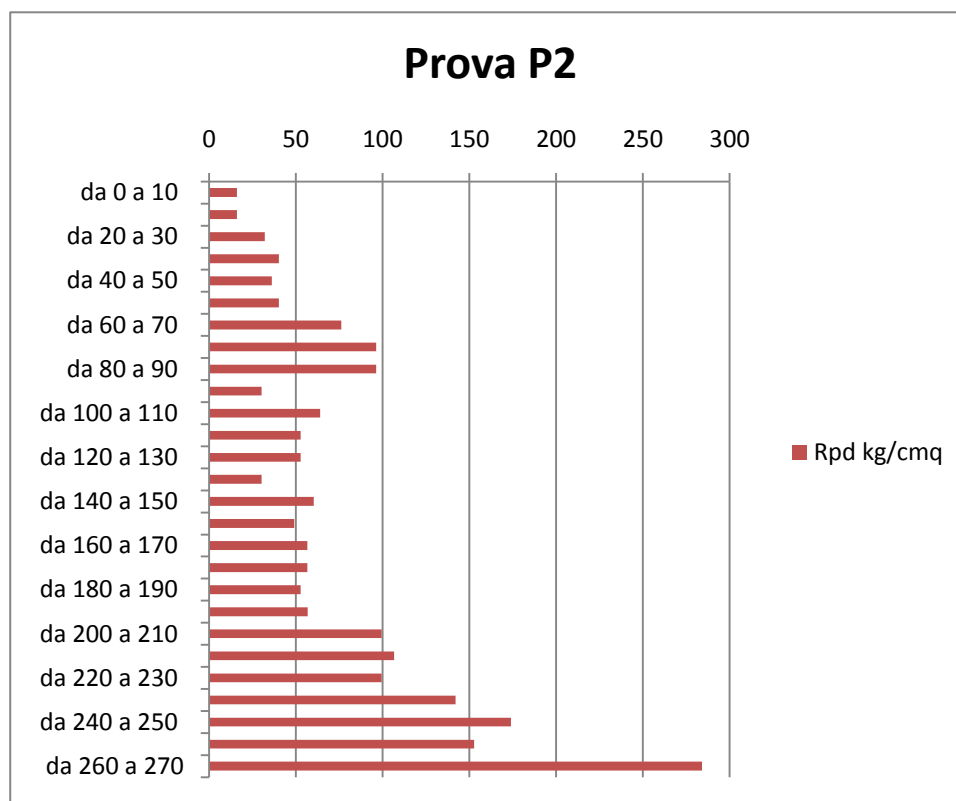


Fig. 3.1.2/G: istogramma dei valori di Rpd relativi alla prova P2

3.1.3 Esposizione ed interpretazione dei dati risultanti dalle indagini e dalle prove

La mole di dati ottenuti sia indirettamente, sia direttamente attraverso l'esecuzione di indagini in situ ha consentito di ricostruire in modo esaustivo l'assetto geologico e stratigrafico, sia dell'area vasta sia dei terreni direttamente interessati dall'opera in progetto.

Il pozzetto Pz1 ha messo in evidenza a partire dal piano di campagna fino alla profondità di 1,00 m la presenza di un limo debolmente sabbioso derivante dall'alterazione in posto delle marne. Questo strato, a forte contenuto in carbonati, evidenzia un'umidità del 15% che conferisce ai limi un carattere debolmente plastico. La potenza di questo strato, pur con una certa variabilità interna, è di circa 3,60 m dal p.c. come evidenziato dal rifiuto raggiunto dalla prova penetrometrica P2. Tale rifiuto segna il passaggio alle sottostanti marne litoidi, che costituiscono il bed-rock del settore, la cui presenza è segnalata nelle stratigrafie dei sondaggi **Fig. 3.1.2/B, 3.1.2/C e 3.1.2/D.**

Si tratta di marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nanoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali che passano a marni grigiastre. In **Fig. 3.1.3/A** si riporta la colonna stratigrafica e quindi il modello geologico del volume significativo di sottosuolo.

Per le caratteristiche dell'opera in progetto si ritiene che una profondità di 25 m sia più che adeguata anche perchè la profondità di indagine è per le platee pari a 1-2 il lato B.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Mon serrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.24 di 40

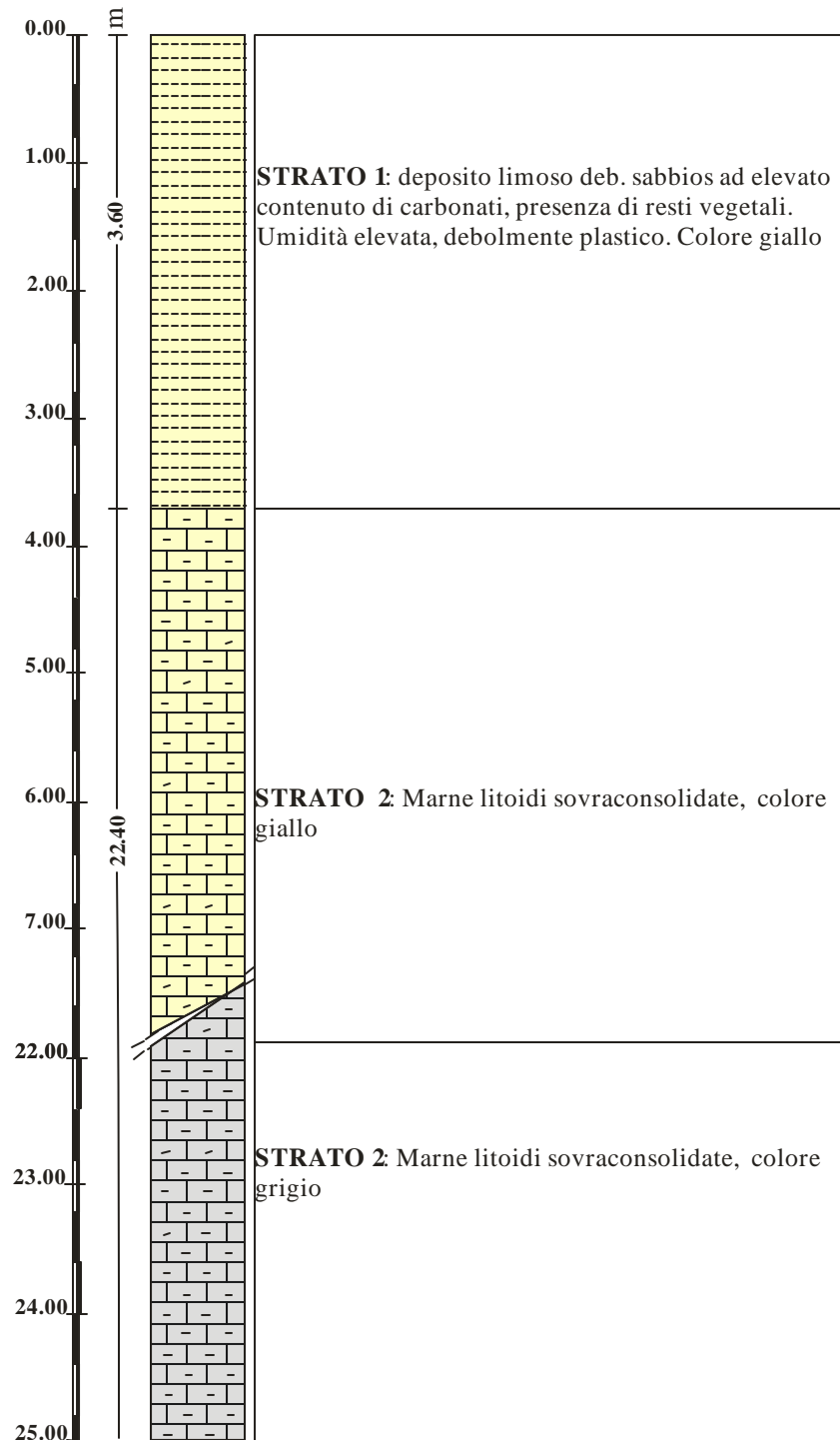


Fig. 3.1.3/A: stratigrafia dei terreni di sedime

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Mon serrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Mon serrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.25 di 40	Rev. 0

4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'ambito geomorfologico è quello tipico dei rilievi collinari che contraddistinguono gli affioramenti miocenici del campidano meridionale. I versanti si presentano poco acclivi ai piedi dei quali si rinvencono importanti depositi eluvio-colluviali. In corrispondenza dei livelli più competenti si rinvencono scarpate strutturali. Le quote non superano i 60 m. Il principale rilievo è rappresentato da Cuccuru Angius (58 m).

Il reticolo idrografico è poco sviluppato e caratterizzato da valli poco segnate a carattere torrentizio. Tra questi si segnala il Rio Saliu che scorre ad E dell'area di interesse. Si tratta di un modesto rio ad andamento rettilineo, che dopo aver attraversato l'abitato di Mon serrato e di Selargiu, sfocia nello Stagno di Molentargius.

La presenza del complesso universitario ha comportato una forte antropizzazione dell'area, che ne ha obliterato le caratteristiche morfologiche.

4.1 Analisi e ricostruzione degli aspetti e dei processi morfologici

Gli aspetti e i processi morfologici del settore sono prevalentemente legati all'attività erosiva delle acque meteoriche che esercitano fenomeni di dilavamento con asportazione del suolo e spesso del tipo diffuso con formazione di solchi di erosione. Tale processo tende ad essere più marcato nelle aree adiacenti al complesso dove la presenza di superfici impermeabili comporta il rilascio in superficie di grandi quantità d'acqua che favoriscono l'erosione.

5 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

5.1 Caratteri idrologici

L'area oggetto di studio ricade nell'U.I.O. del Rio Flumini Mannu di Cagliari (Fig. 5.1/A). Questa ha una superficie di circa 1779,46 km², comprende una serie di bacini minori della costa meridionale della Sardegna, che si sviluppano lungo il Golfo di Cagliari, da Capo Spartivento a ovest a Capo Carbonara a est. Tale U.I.O. è delimitata a Nord dall'altopiano del Sarcidano ad est dal massiccio del Sarrabus - Gerrei, ad ovest dai massicci dell'Iglesiente e del Sulcis e a sud dal Golfo di Cagliari. L'altimetria varia da 0 m (s.l.m.) nelle aree costiere a 1154 m (s.l.m.) in corrispondenza del Monte Linas.

La morfologia e la permeabilità delle formazioni terziarie e quaternarie presenti nell'area, influenzano l'idrografia superficiale. La presenza di corsi d'acqua è scarsa e l'impostazione



Fig.5.1/A: inquadramento UIO del Flumini Mannu di Cagliari

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.26 di 40

e lo sviluppo del reticolo idrografico è condizionato da un assetto tettonico che caratterizza il bacino del Flumini Mannu.

La rete idrografica presente, ha subito nel corso degli anni delle importanti modifiche, dovute alle opere di canalizzazione nelle zone fortemente antropizzate.

I corsi d'acqua principali, resi innaturalmente rettilinei in alcuni tratti, sono rappresentati dal Rio Cungiaus e dal Rio di San Giovanni, quest'ultimo prende anche il nome di Rio di Selargius nell'attraversare l'omonimo centro abitato.

I maggiori affluenti, sono rispettivamente il Rio sa Pira, il Rio Paiolu e il Rio de Guardiedda.

I due corsi d'acqua presenti vengono alimentati da affluenti, che nascono dai rilievi paleozoici compresi nel bacino idrologico studiato e sviluppandosi per un breve tratto in quelle formazioni dove, per l'acclività dei versanti, si è verificata un'erosione e una conseguente produzione di detriti con sedimentazione selettiva, i quali hanno dato origine a delle conoidi alluvionali.

Nel successivo tratto, il Rio Cungiaus e il Rio di S. Giovanni, attraversano le formazioni quaternarie e percorrono tale territorio, ormai antropizzato, per poi sfociare nello stagno di Molentargius.

5.2 Caratteri idrogeologici

Per la descrizione dei caratteri idrogeologici si è fatto riferimento all'analisi idrogeologica utilizzata per la stesura del Piano Tutela Acque della Regione Sardegna, nella quale i singoli acquiferi sono stati accorpati per litologie simili, caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee e per area geografica di appartenenza.

Il campidano sud orientale si caratterizza dal punto di vista idrogeologico per la presenza di due complessi acquiferi ai quali si devono aggiungere due unità distinte costituite dai seguenti acquiferi **Fig. 6.2/A:**

- Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano
- Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Campidano Orientale



Figura 1 **Fig. 6.2/A:** distribuzione degli acquiferi nell'UIO del Flumini Mannu di Cagliari

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.27 di 40

Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano

Questo complesso è a sua volta costituito da due unità distinte rappresentate da:

1. Unità Detritico-Carbonatica Quaternaria;
2. Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie;
3. Unità Detritica Pliocenica.

Unità Detritico-Carbonatica Quaternaria

Dal punto di vista litologico fanno parte di questa unità, le sabbie marine, di spiaggia e dunari, arenarie eoliche, sabbie derivanti dall'arenizzazione dei graniti; panchina tirreniana, travertini, calcari e detriti di falda.

La permeabilità è alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione.

Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie

Si tratta di depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi; depositi lacustro-palustri, discariche minerarie.

Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana.

Unità Detritica Pliocenica

È costituita da conglomerati, arenarie e argille di sistema alluvionale.

Permeabilità per porosità complessiva bassa; localmente media in corrispondenza dei livelli a matrice più grossolana.

Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Campidano Orientale

Questo complesso è a sua volta costituito dall'unità Detritico-Carbonatica Miocenica Superiore

Unità Detritico-Carbonatica Miocenica Superiore

Nei calcari, calcareniti, arenarie marnose con subordinate marne e siltiti, conglomerati e arenarie, la permeabilità è complessivamente medio-alta; da medio-bassa a medio-alta per porosità nei termini detritici, medio-alta per fessurazione e/o carsismo nei termini carbonatici.


Nelle marne, arenacee e siltose, conglomerati a matrice argillosa con subordinate arenarie, calcareniti e sabbie, con locali intercalazioni tufacee la permeabilità è complessivamente medio-bassa per porosità; localmente medio-alta per porosità nei termini sabbioso-arenacei.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.28 di 40



Fig. 5.3/B: carta delle permeabilità in scala 1:10.000

Unità	LITOTIPI	POROSITÀ	RANGE DI PERMEABILITÀ (m/s)							
			%	Secondaria (Fratture)*	10 ⁰	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰
					Molto Alta	Alta	Media	Bassa	Molto Bassa	Impermeabile
	Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie del Campidano Depositi alluvionali e alluvionali terrazzati; depositi eluvio-colluviali	30-40								
	Unità Detritico Carbonatica Miocenica superiore del Campidano Orientale Marne arenacee e siltitiche									


 Sito di interesse

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg. 29 di 40

6 INTERFERENZE CON IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

In base alla cartografia allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna, risulta che il sito, ricadente nel Sub-Bacino n. 7 "Flumendosa Campidano Cixerri" non interferisce con aree a pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico.

7 MODELLAZIONE SISMICA

7.1 Definizione del terremoto di progetto e magnitudo;

La valutazione del terremoto di progetto, cioè dell'evento sismico di riferimento rispetto al quale effettuare il dimensionamento dell'opera, può essere eseguita con metodologie diverse.

7.2 Definizione delle forme spettrali definite dal DM 14.1.08

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) D.M. 14.01.2008 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le N.T.C. introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse N.T.C. forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle N.T.C.), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle N.T.C. hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle N.T.C., è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.30 di 40

Per tutte le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di a_g , F_0 , T_c^* uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola. I valori di tali dati sono riportati nella in **Tab. 7.2/A** (Tabella A2 delle N.T.C).

ag	Fo	TC *
TR=30		
0,186	2,61	0,273
TR=50		
0,235	2,67	0,296
TR=72		
0,274	2,70	0,303
TR=101		
0,314	2,73	0,307
TR=140		
0,351	2,78	0,313
TR=201		
0,393	2,82	0,322
TR=475		
0,500	2,88	0,340
TR=975		
0,603	2,98	0,372
TR=2475		
0,747	3,09	0,401

Tab. 7.2/A: Parametri spettrali della Sardegna per i diversi tempi di ritorno

7.3 Parametri nel Nodo Sismico di riferimento

7.3.1 Parametri VN e CU

Le azioni sismiche sulle opere vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava puntualmente moltiplicando la Vita Nominale V_N per il Coefficiente d'Uso C_U .

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella **Tab. 7.3.1/A**.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale VN (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali -Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 7.3.1/A: Vita nominale delle opere (Tabella 2.4.1 delle NTC)

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Mon serrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Mon serrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.31 di 40	Rev. 0

L'opera in progetto appartiene alle opere ordinarie e quindi con $V_N \geq 50$.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (**Tab. 7.3.1/B**):

Classe	Descrizione
Classe I	Costruzione con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie che e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità, Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 7.3.1/B: classi d'uso

Secondo la **Tab. 7.3.1/B** l'opera ricade in **classe IV "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti"** a cui corrisponde, **Tab. 7.3.1/C**, un valore di C_u di 2,0.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Tab. 7.3.1/C: valori di c_u per le diverse classi d'uso

Vita nominale	Classe d'Uso dell'opera	Periodo di riferimento per l'azione sismica	Rif. legislativo
Opere ordinarie di importanza normale $V_N \geq 50$ anni	Classe III $C_U = 2$	$V_R \geq 100$	N.T.C. Tab. 2.4.I/ Istruzioni N.T.C./Decreto dal capo dipartimento della Protezione Civile nr. 3685 del 21/10/2003.

Tab. 3.1.1/D: Classi d'uso e tempi di riferimento

Applicando la seguente formula:

$$T_R = -V_R / (1 - \ln(1 - P_{VR})) = -C_u V_n / \ln(1 - P_{VR})$$

si ottiene il periodo di riferimento.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Mon serrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Mon serrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.32 di 40

In relazione ai diversi stati limite si ottengono i tempi di ritorno T_R di Tab. 7.3.1/E

Stati limite d'esercizio SLE	SLO	$T_R = 60$ anni
	SLD	$T_R = 100$ anni
Stati limite ultimi SLU	SLV	$T_R = 950$ anni
	SLC	$T_R = 1950$ anni

Tab. 7.3.1/E: valori di T_R per i diversi stati limite calcolati per $V_R \geq 100$

Poiché non sono disponibili i parametri spettrali per i diversi tempi di ritorno di Tab 7.3.1/F a titolo cautelativo si assumono i valori di Tab 7.3.1/G.

Stati limite d'esercizio SLE	SLO	$T_R = 72$ anni
	SLD	$T_R = 101$ anni
Stati limite ultimi SLU	SLV	$T_R = 975$ anni
	SLC	$T_R = 2475$ anni

Tab. 7.3.1/G: nuovi valori di T_R per i diversi stati limite calcolati per $V_R \geq 100$

7.3.2 Parametri spettrali

Nella Tab. 7.3.2/A, per i vari stati limite, sono indicati i valori dei parametri a_g/g , F_0 e T^*_c , per la Sardegna estrapolati dalla Tabella A2 delle N.T.C..

Stati limite		T_r	a_g/g	F_0	TC^*
SLE	SLO	72	0,0274	2,70	0,303
	SLD	101	0,0314	2,73	0,307
SLU	SLV	975	0.0603	2,98	0,372
	SLC	2475	0,0747	3,09	0,401

Tab. 7.3.2/A: Parametri spettrali : $V_N \geq 100$ anni - Classe d'Uso IV

7.4 Parametri di risposta sismica locale

7.4.1 Calcolo della V_{s30} per la definizione della categoria del suolo di fondazione

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo è fortemente raccomandata la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . In particolare, fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo di terreno interagente con l'opera, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} , definita mediante l'equazione 3.2.1. delle NTC. La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m, e nel terreno stratificato in esame, di spessore complessivo ancora pari a 30 m. Essa assume quindi valori differenti da quelli ottenuti dalla media delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori, soprattutto in presenza di strati molto deformabili di limitato spessore. Lo scopo della definizione adottata è quello di privilegiare il contributo degli strati più deformabili.

In particolare per definire il valore di V_{s30} relativo al sito di interesse in data 06/04/2011 si è proceduto all'esecuzione di un'indagine geofisica tramite il metodo di sismica passiva SASW.

I risultati della prova sono riportati nella Tab. 7.4.1/A.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Mon serrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Mon serrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.33 di 40

Profondità degli strati	Spessore degli strati	Vs
m	m	m/s
0.22	0.22	80
2.72	2.50	175
inf.	inf.	400

Tab. 7.4.1/A: valori di vs per i diversi strati

Sulla base dei risultati ottenuti si assume per i terreni di sedime un valore di V_{s30} pari a

$$V_{s30} = 352 \text{ m/s}$$

In allegato si riporta la relazione tecnica della prova sismica

7.4.2 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza della valutazione dell'effetto della risposta sismica locale sulla base di analisi specifiche è possibile fare riferimento ad una metodologia semplificata basata sulle categorie di sottosuolo di riferimento (Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008) e sulle categorie topografiche (Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008).

- *Categoria di sottosuolo di riferimento*

Sulla base dei dati geognostici e geotecnici in possesso, in riferimento alla seguente **Tab. 7.4.2/A**, il profilo stratigrafico dei terreni costituenti il versante e quelli di sedime delle opere in progetto ricade nella categoria B.

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

Tab. 5.2.1/A: Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II D.M. 14.01.2008)

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.34 di 40

- *Condizioni topografiche*

In relazione all'andamento morfologico locale fortemente inclinato, con riferimento alla seguente **Tab. 7.4.2/A**, è possibile classificare i due tratti come il sito di interesse come categoria **T1**

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

Tab. 7.4.2/A: Categorie topografiche (Tabella 3.2.IV D.M. 14.01.2008)

7.4.3 Accelerazione massima attesa in superficie

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Categoria sottosuolo	S_S
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$

Tab. 7.4.3/A: Espressioni di S_S (Tabella 3.2.V D.M. 14.01.2008)

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

Tab. 7.4.3/B: Espressioni di S_t (Tabella 3.2.VI D.M. 14.01.2008)

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.35 di 40

Nel caso in esame, cautelativamente, potrà essere assunto:

$$S_s = 1.50 \quad (\text{Categoria sottosuolo C})$$

$$S_T = 1.00 \quad (\text{Categoria topografica T1})$$

Sulla base dei dati sopra riportati in **Tab. 7.4.3/C** i valori di a_g per i diversi tempi di ritorno

Stati limite		Tr	a_{max}
SLE	SLO	72	0,0405
	SLD	101	0,0471
SLU	SLV	975	0,0905
	SLC	2475	0,1120

Tab. 7.4.3/C: valori a_{max} per i diversi tempi di ritorno

7.5 Valutazione del potenziale di liquefazione

Col termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Le caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e sismiche nell'area permettono di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni, in concomitanza di eventi sismici.

Nel caso specifico, in accordo con quanto previsto nelle N.T.C., al punto 7.4.3, la verifica a liquefazione può essere omessa in quanto valori superiori a 0,1 si raggiungono per tempi di ritorno di 2475 anni corrispondenti allo stato limite ultimo SLC.

gli eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

- **accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) maggiori di 0,1g solo per SLC (Tr 2475 anni).**

8 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

8.1 Pericolosità geomorfologica

Per le caratteristiche geomorfologiche del sito e dell'intero settore non si evidenzia una pericolosità geomorfologica. Potenziali fenomeni di dissesto, pur non interessando l'opera in progetto, sono da correlare alla presenza di fronti di scavo, non

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.36 di 40

opportunamente sostenuti **Fig. 3.2.1/A:** che potrebbero essere interessati da eventi franosi e/o colamenti a carattere locale.

8.2 Problematiche idrogeologiche

L'analisi dell'assetto idrogeologico dell'area limitatamente alla tipologia dell'intervento oggetto di studio non evidenzia particolari problematiche. La falda idrica dove presente è localizzata a profondità superiori ai 10,00 m e si localizza nei livelli sabbiosi intercalati alle marne. Sulla base di queste considerazioni la **pericolosità geomorfologica si può considerare irrilevante.**

8.3 Pericolosità idraulica

Visto l'assetto idrografico e le quote del sito, non si evidenziano potenziali interferenze tra i corsi d'acqua presenti e l'opera in progetto. La regimazione delle acque meteoriche è affidata alla fitta rete artificiale presente negli edifici e nella rete viaria.

Sulla base di queste considerazioni la **pericolosità idraulica si può considerare irrilevante.**

9 CONCLUSIONI

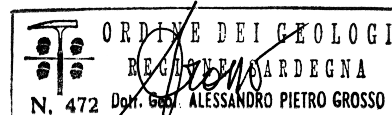
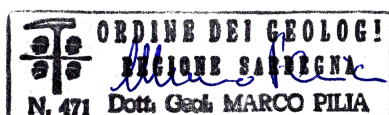
In relazione ai dati scaturiti dal rilievo geologico e geomorfologico e da quelli stratigrafici in possesso si possono riassumere le seguenti considerazioni conclusive:

- le formazioni geologiche oggetto interessate dalle opere sono costituiti nella porzione più superficiale da limi debolmente sabbiosi formati per alterazione delle sottostanti marne della Formazione di Gesturi che costituiscono il bed rock locale.
- non si evidenziano dissesti legati all'assetto geomorfologico e idrografico del settore. In tal senso la pericolosità geomorfologica e idraulica sono da considerarsi irrilevanti
- in base alla cartografia allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna, risulta che il sito ricadente nel Sub-Bacino n. 7 "Flumendosa Campidano Cixerri" non interferisce con aree a pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico;
- la bassa sismicità locale permette di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni in concomitanza di eventi sismici.

Sulla base delle considerazioni su esposte, oltre a quelli descritti e oggetto di intervento, non sussistono ulteriori problematiche dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico.

Cagliari, maggio 2011

I Tecnici



COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.37 di 40

10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bralia, A., Ghezzi, C., Guasparri, G. & Sabatini, G. (1981) – *Alcuni aspetti genetici del batolite ercinico sardo*. Rend. Soc. Miner. Petr., **37**, 701-764.

Carmignani L., Coccozza T., Ghezzi C., Pertusati P. C. & Ricci C. A. (1982) - *Lineamenti del basamento paleozoico Sardo* – in Carmignani L., Coccozza T., Ghezzi C., Pertusati P.C. & Ricci C. A. (Editors), *Guida alla geologia del Paleozoico Sardo*. Soc. Geol. It. 11-24.

Carmignani L., Coccozza T., Grezzo C., Pertusati P. C. & Ricci C. A. (1986). *Outlines of hercynian basement of Sardinia*. Eds: Coccozza T., Grezzo C., Pertusati P. C. & Ricci C. A., Guide book to the excursion on the Palaeozoic basement of Sardinia. IGPC project n. 5. Newsletter special issue, 11-21. Cagliari.

Carmignani L. & Kligfield R. (1990) – Crustal extension in the northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi –Apuane core complex. *Tectonics*, **9**, 1275-1303.

Carmignani L., Barca S., Cappelli B., Di Pisa A., Gattiglio M., Oggiano G. & Pertusati P. C. (1991) – *A tentative geodynamic model for the hercynian basement of Sardinia* In: *Contributions to the Geology of Italy with special regard to the Paleozoic basement*. IGCP 276. NEWSLETTER, **5**, 61 – 82.

Carmignani L., Barca S., Di Pisa A., Gattiglio M., Oggiano G. & Pertusati P. C. (1991) – *Schema dell'evoluzione del basamento sardo*. Ed. Carmignani L., Pertusati P. C., Barca S., Di Pisa A., Gattiglio M., & Oggiano G. In: *Struttura della Catena ercinica in Sardegna*. 11-38. Centrooffset. Siena.

Carmignani L. (1996) –*Carta geologica della Sardegna* (scala 1/200000). SELCA, Firenze.

Carmignani L. (2008) – *Carta geologica della Sardegna* (scala 1/250 000).

Casula G., Cherchi A., Montadert L., Murru M. & Sarria E. (2001) - *The Cenozoic Graben system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data*. *Marine and Petroleum Geology*, **18**, 863-888.

Cherchi A. (1971) – *Appunti biostratigrafici del Miocene della Sardegna (Italia)*. V Congr. Néogène Médit.” Mem B.R.G.M., Orleans 78. 433-445.

Cherchi A. & Montadert L. (1982) – The Oligo-Miocene Rift of Sardinia and early history of the western mediterranean basin. *Nature*, 298, 736-739.

Coccozza T. (1979) – The Cambrian of Sardinia. *Mem. Soc. Geol. It.*: 20, 163-187, Roma.

Pillola G. L., Leone F. & Loi A. (1995) – The Lower Cambrian Nebida Group of Sardinia. In: CHERCHI A. (Ed.), 6th Paleobenthos International Symposium, Guide-Book. Cagliari, October 25-31, 1995. *Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari* (suppl. vol. 65, 1995): 27-62, Cagliari.

Fadda A. F. & Pala A. (1992) – Le acque della Sardegna. 1-256, Cagliari.

Fais S., Klingele E.E. & Lecca L. (1996) - Oligo-Miocene Half Graben Structure In Western Sardinian shelf (western Mediterranean): reflection seismic and aeromagnetic data comparison. *Marine Geology*, 133, 203-222.

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
				Fg.38 di 40

Franceschelli M., Memmi I. & Ricci C. A. (1982) -Zoneografia metamorfica della Sardegna Settentrionale. In: Carmignani L., Coccozza T., Ghezzi C., Pertusati P.C. & Ricci C. A. (Editors), Guida alla geologia del Paleozoico Sardo. Soc. Geol. It., 137-150.

Lecca L., Lonis R., Luxoro S., Melis E., Secchi F. & Brotzu P. (1997) -Oligo-Miocene volcanic sequences and rifting stages in Sardinia: a review. Period. Mineral., 66, 7-61.

Morra V., Secchi F. & Assorgia A. (1994) – Petrogenetic Significance Of Peralkaline Rocks From cenozoic calcalkaline volcanism from SW Sardinia (Italy). Chem. Geol., 118, 109-142.

Sgavetti M. (1982) – *Analisi preliminare degli elementi morfostrutturali lineari della Sardegna.* – in Carmignani L.

Sowerbutts A. (2000) – Sedimentation And Volcanism Linked To Multiphase Rifting In An Oligo-Miocene intra-arc basin, Anglona, Sardinia. Geol. Mag., 137, 395-418.

11 ALLEGATI

- Relazione sulla prova sismica
- Rapporti delle prove penetrometriche

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
			Fg.39 di 40	Rev. 0

Relazione sulla prova sismica

SINTESI DEI RISULTATI

**INDAGINI GEOFISICHE TRAMITE METODO DI SISMICA
PASSIVA PER LA DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO
Vs30 PRESSO IL POLICLINICO UNIVERSITARIO IN
MONSERRATO (CA)**

GEOTECH S.R.L. - PROSPEZIONI GEOFISICHE

SEDE LEGALE E OPERATIVA:

VIA TRENINO 13, 09127 CAGLIARI

C.F. E PARTITA IVA 03178670927

TEL.: +39 070 7966194

FAX: +39 070 7962017

WEB: www.geotechsrl.it

MAIL: info@geotechsrl.it

1. SPECIFICHE TECNICHE DELL'ACQUISIZIONE DEI DATI E RISULTATI

Start recording: 06/04/11 12:05:09 End recording: 06/04/11 12:35:35

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; north south; east west ; up down ; Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z- ; TRG + TRG -

GPS location: 009°07.4986 E, 39°16.2662 N (48.1 m)

UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 12288 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h30'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 512 Hz

Window size: 30 s

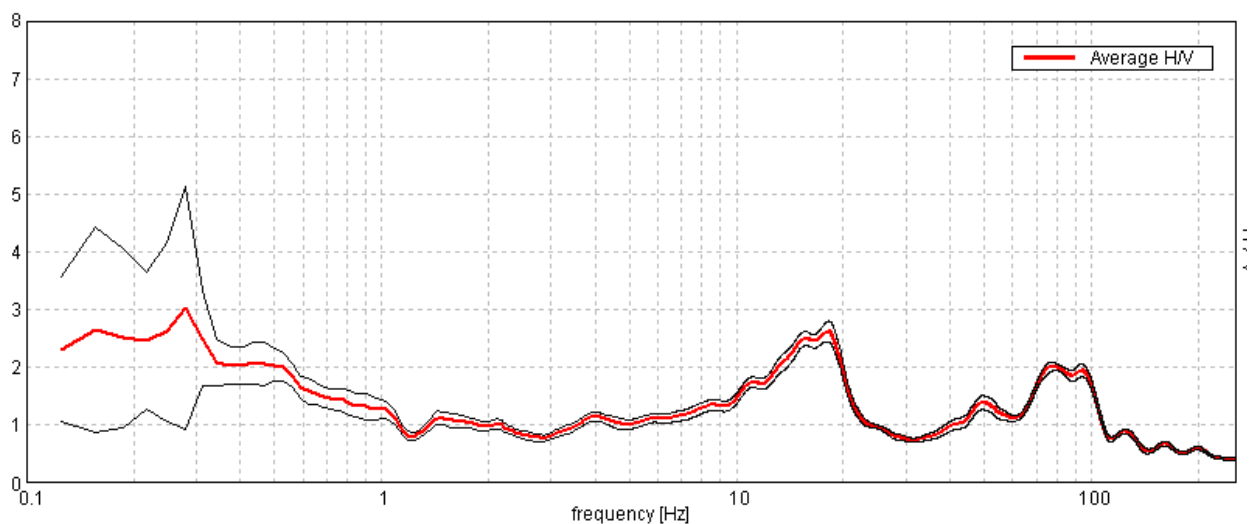
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

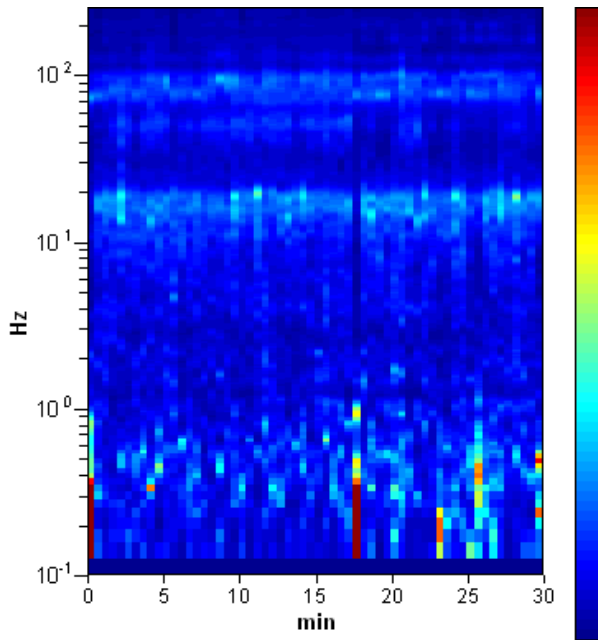


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.28 ± 0.0 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).

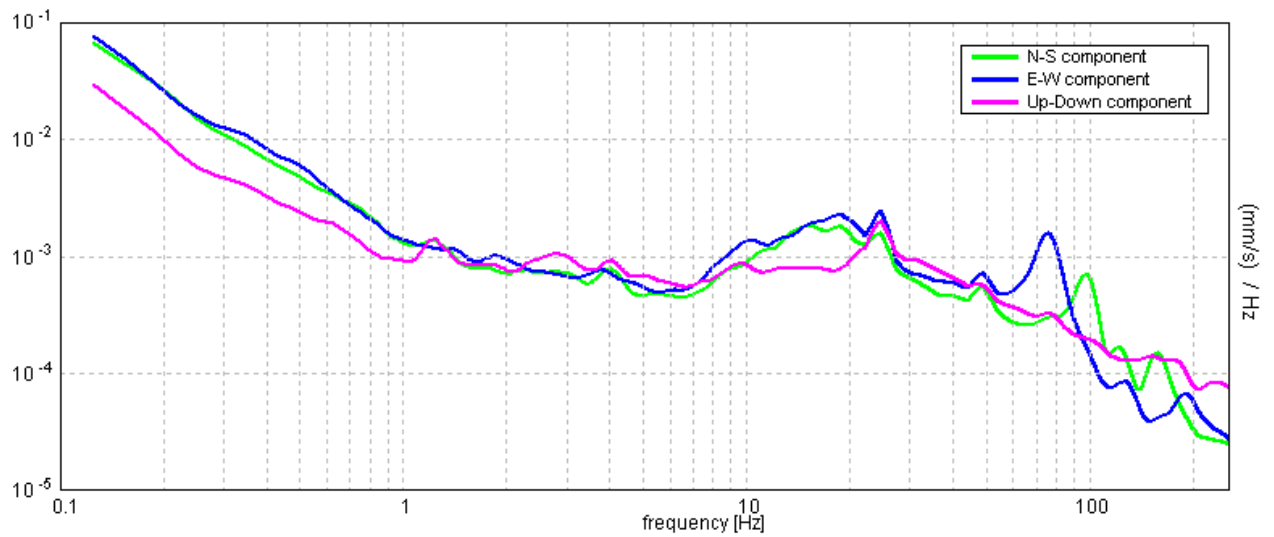


H/V TIME HISTORY

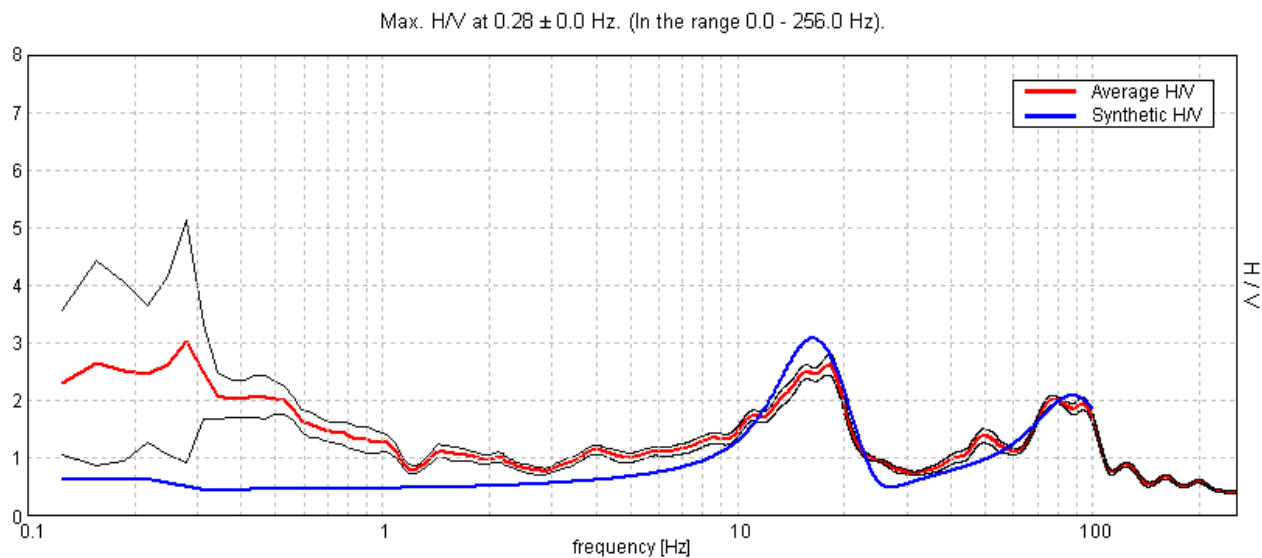


2

SINGLE COMPONENT SPECTRA



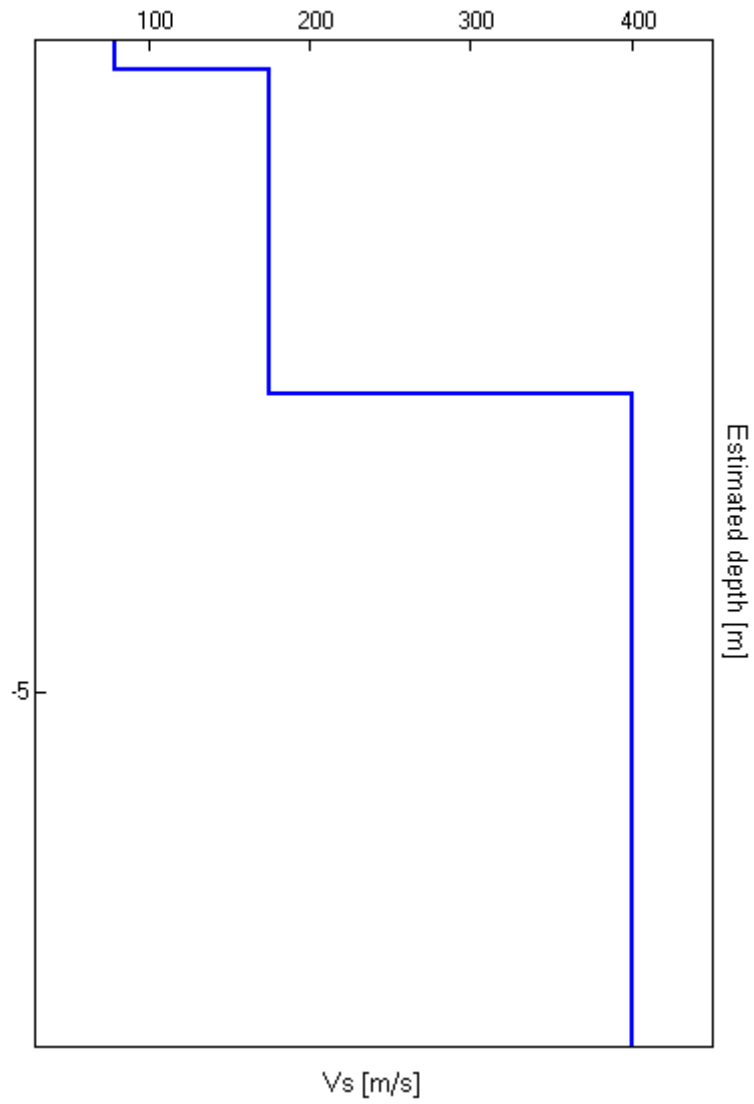
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



3

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.22	0.22	80
2.72	2.50	175
inf.	inf.	400

Vs(0.0-30.0)=352m/s



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

Max. H/V at 0.28 ± 0.0 Hz. (in the range 0.0 - 256.0 Hz).

5

CRITERIA FOR A RELIABLE HVSR CURVE

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.28 > 0.33		NO
$n_c(f_0) > 200$	506.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 14 times	OK	

CRITERIA FOR A CLEAR HVSR PEAK

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.03 > 2	OK	

$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 0.05625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0436 < 2.5$	OK	

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

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

COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA DI CAGLIARI Via Ospedale, 54 - 09124 Cagliari	I Geologi: Dott. Geol. A. Grosso Dott. Geol. M. Pilia	Comune: Monserrato	RELAZIONE GEOLOGICA	
	Lavori di completamento del Padiglione "Q" del Presidio Ospedaliero di Monserrato		Incarico del 25/05/2011	
		Fg.40 di 40	Rev. 0	

Rapporti delle Prove Penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

GENERALITA'

Committente:	Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari	Data:	22-4-2011
Cantiere:	policlinico Universitario	Prof.tà prova:	160 cm
Località:	Monserrato (CA)	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

MODELLO	Compac Penni 30
TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA R_{pd} (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo = 10/N [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Tabella valori di resistenza

GENERALITA'

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari
Cantiere: policlinico Universitario
Località: Monserrato (CA)

Data: 22-4-2011
Prof.tà prova: 160 cm
Prof.tà falda: Falda non rilevata

Prof. (cm)	n° colpi (Ndp)	Rpd (kg/cmq)	n° aste	Prof. (cm)	n° colpi (Ndp)	Rpd (kg/cmq)	n° aste
da 0 a 10	16	64,1	1	da 80 a 90	26	104,2	1
da 10 a 20	12	48,1	1	da 90 a 100	29	109,2	2
da 20 a 30	17	68,2	1	da 100 a 110	24	90,4	2
da 30 a 40	12	48,1	1	da 110 a 120	12	45,2	2
da 40 a 50	7	28,1	1	da 120 a 130	13	49,0	2
da 50 a 60	7	28,1	1	da 130 a 140	6	22,6	2
da 60 a 70	15	60,1	1	da 140 a 150	15	56,5	2
da 70 a 80	24	96,2	1	da 150 a 160	55	207,1	2



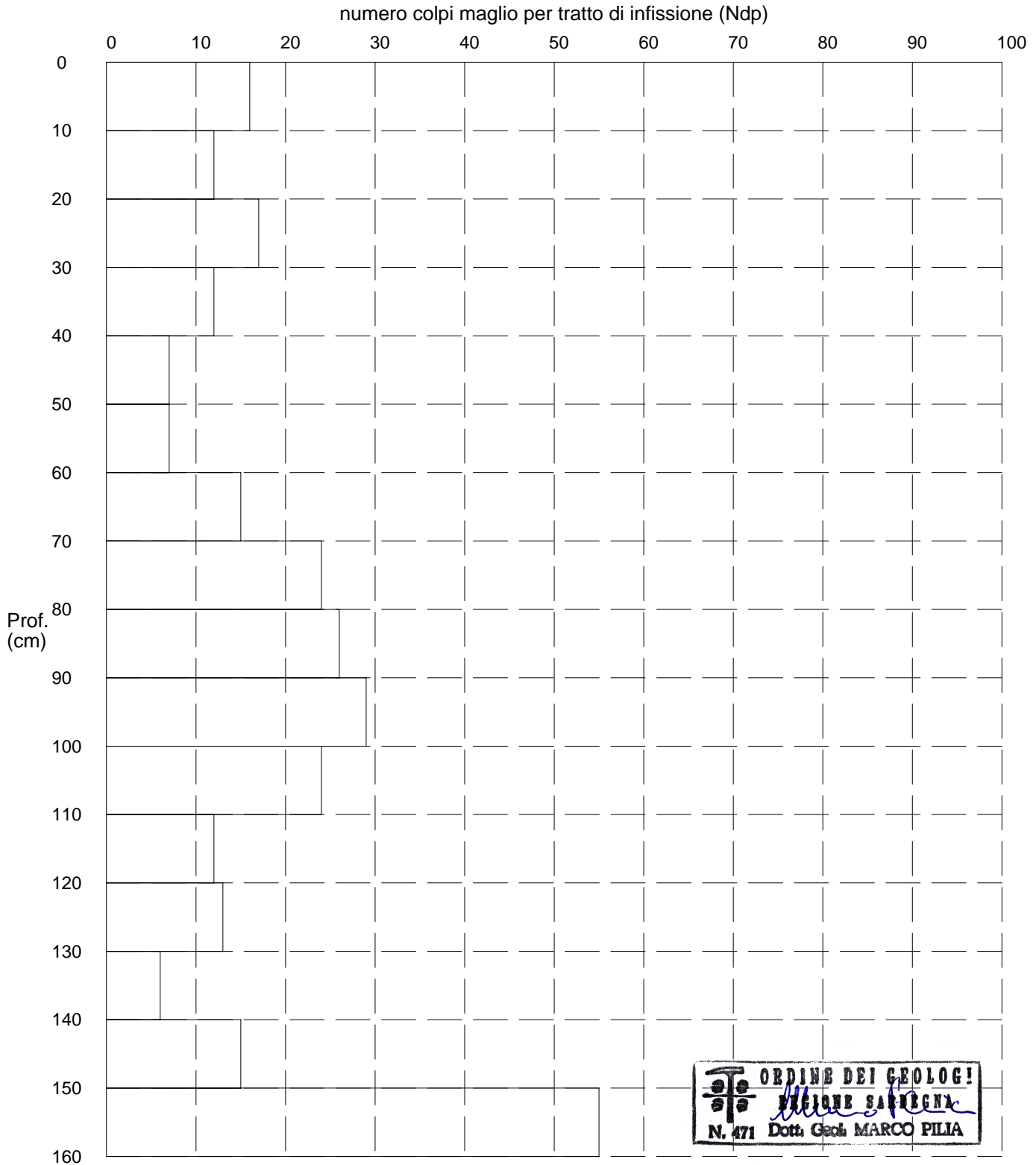
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Grafico Ndp - Profondità

GENERALITA'

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari
Cantiere: policlinico Universitario
Località: Monserrato (CA)

Data: 22-4-2011
Prof.tà prova: 160 cm
Prof.tà falda: Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

GENERALITA'

Committente:	Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari	Data:	22-4-2011
Cantiere:	policlinico Universitario	Prof.tà prova:	270 cm
Località:	Monserrato (CA)	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

MODELLO	Compac Penni 30
TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA R_{pd} (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo = $10/N$ [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]



Studio Tecnico di Geologia Dr. MARCO PILIA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Tabella valori di resistenza

GENERALITA'

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari
Cantiere: policlinico Universitario
Località: Monserrato (CA)

Data: 22-4-2011
Prof.tà prova: 270 cm
Prof.tà falda: Falda non rilevata

Prof. (cm)	n° colpi (Ndp)	Rpd (kg/cmq)	n° aste	Prof. (cm)	n° colpi (Ndp)	Rpd (kg/cmq)	n° aste
da 0 a 10	4	16,0	1	da 130 a 140	8	30,1	2
da 10 a 20	4	16,0	1	da 140 a 150	16	60,3	2
da 20 a 30	8	32,1	1	da 150 a 160	13	49,0	2
da 30 a 40	10	40,1	1	da 160 a 170	15	56,5	2
da 40 a 50	9	36,1	1	da 170 a 180	15	56,5	2
da 50 a 60	10	40,1	1	da 180 a 190	14	52,7	2
da 60 a 70	19	76,2	1	da 190 a 200	16	56,8	3
da 70 a 80	24	96,2	1	da 200 a 210	28	99,4	3
da 80 a 90	24	96,2	1	da 210 a 220	30	106,5	3
da 90 a 100	8	30,1	2	da 220 a 230	28	99,4	3
da 100 a 110	17	64,0	2	da 230 a 240	40	142,0	3
da 110 a 120	14	52,7	2	da 240 a 250	49	174,0	3
da 120 a 130	14	52,7	2	da 250 a 260	43	152,7	3
				da 260 a 270	80	284,0	3



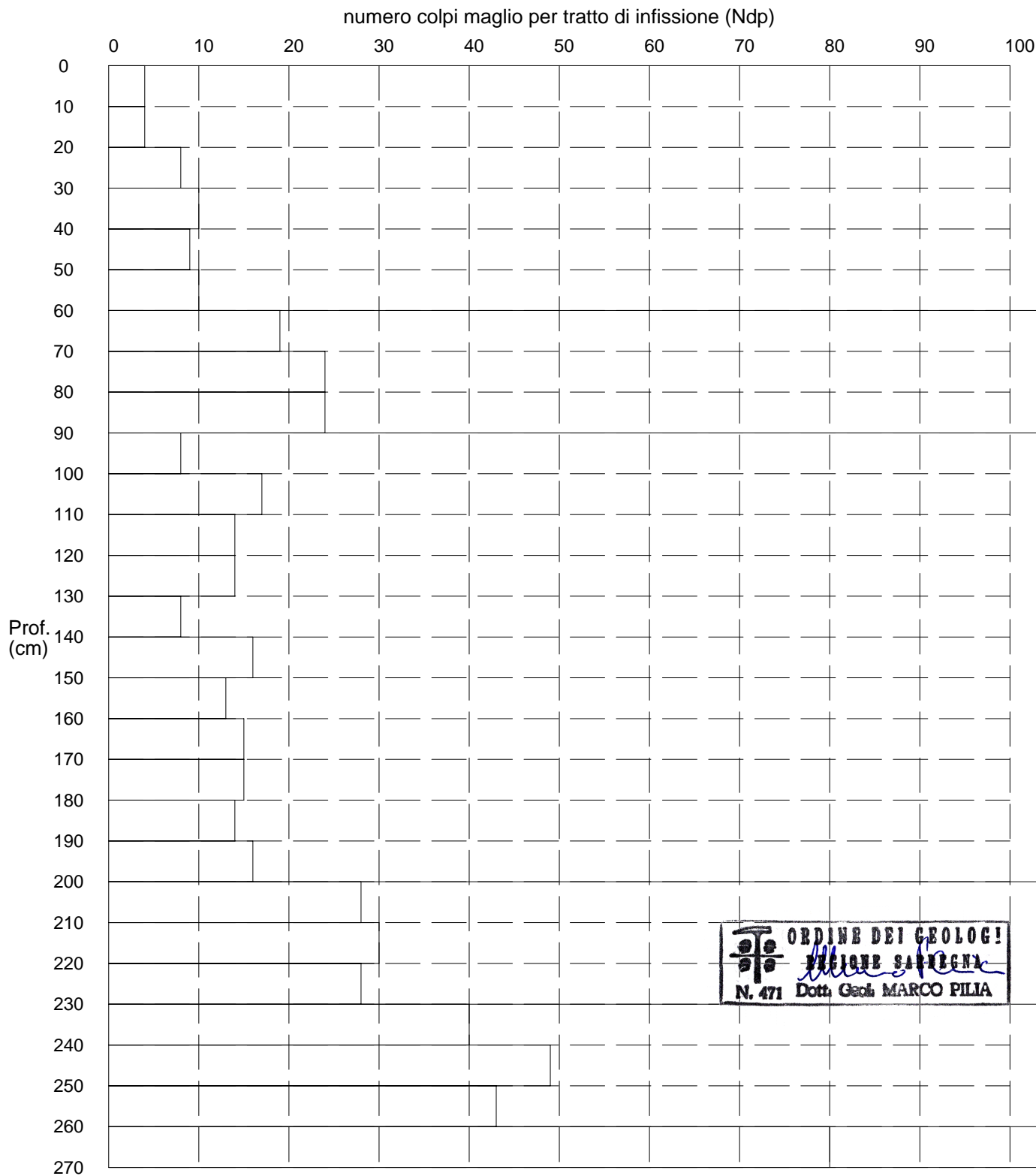
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Grafico Ndp - Profondità

GENERALITA'

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari
Cantiere: policlinico Universitario
Località: Monserrato (CA)

Data: 22-4-2011
Prof.tà prova: 270 cm
Prof.tà falda: Falda non rilevata



Studio Tecnico di Geologia Dr. MARCO PILIA

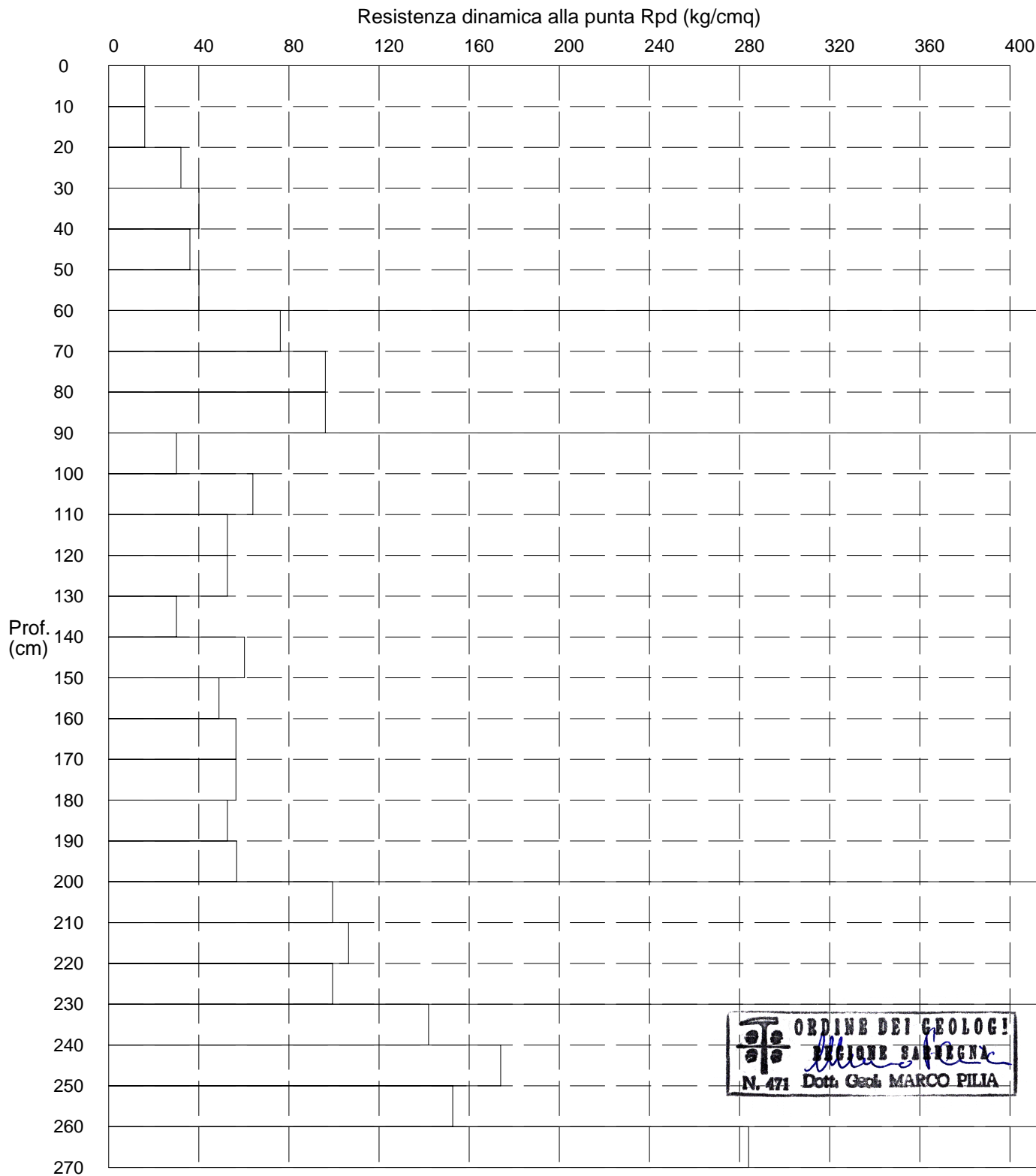
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Grafico Rpd - Profondità

GENERALITA'

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari
Cantiere: policlinico Universitario
Località: Monserrato (CA)

Data: 22-4-2011
Prof.tà prova: 270 cm
Prof.tà falda: Falda non rilevata



ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 471 Dott. Geol. MARCO PILIA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

GENERALITA'

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria Cagliari
 Cantiere: policlinico Universitario
 Località: Monserrato (CA)

Data: 22-4-2011
 Prof.tà prova: 270 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

ELABORAZIONE STATISTICA

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,60	Ndp	4	10	7,5	5,7
		Rpd (kg/cmq)	16,0	40,1	30,1	
2	da 0,60 a 0,90	Ndp	19	24	22,3	16,9
		Rpd (kg/cmq)	76,2	96,2	89,5	
3	da 0,90 a 2,00	Ndp	8	17	13,6	10,3
		Rpd (kg/cmq)	30,1	64,0	51,0	
4	da 2,00 a 2,30	Ndp	28	30	28,7	21,7
		Rpd (kg/cmq)	99,4	106,5	101,8	
5	da 2,30 a 2,60	Ndp	40	49	44,0	33,3
		Rpd (kg/cmq)	142,0	174,0	156,2	
6	da 2,60 a 2,70	Ndp	80	80	80,0	60,6
		Rpd (kg/cmq)	284,0	284,0	284,0	

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato n°	Profondità (m)	Nspt	INCOERENTE			COESIVO		
			Dr (%)	ϕ (°)	Y (t/mc)	Ic (-)	Cu (t/mq)	Y (t/mc)
1	da 0,00 a 0,60	5,7	----	----	----	0,46	4,73	1,88
2	da 0,60 a 0,90	16,9	----	----	----	0,92	15,07	2,11
3	da 0,90 a 2,00	10,3	----	----	----	0,71	9,02	2,05
4	da 2,00 a 2,30	21,7	----	----	----	0,99	19,19	2,15
5	da 2,30 a 2,60	33,3	----	----	----	1,06	26,73	2,20
6	da 2,60 a 2,70	60,6	----	----	----	2,45	29,00	2,20

