

COMUNE DI NETTUNO (RM)

REALIZZAZIONE DEL TEATRO COMUNALE SITO IN LOCALITA' PONSERICO

PROGETTO ESECUTIVO DEI LAVORI DI COMPLETAMENTO 2° LOTTO FUNZIONALE

RELAZIONE GEOTECNICA

Roma, Luglio 2019



STUDIO GEOLOGICO TECNICO



Maurizio Lanzini - geologo

Studio: Via Suvereto, 250 - 00139 - ROMA

Tel. 068105754 – 0688385980 - 068122265

Email: lanzin@aconet.it

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO TETTONICO E IDRO-GEO-MORFOLOGICO E SISMICO	4
2.1 SISMICITÀ	8
3. INDAGINI GEOTECNICHE	11
3.1 MODELLI DI INTERPRETAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI IN SITO	15
4. CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI	16
4.1 PARAMETRI GEOMECCANICI DI PROGETTO	25
4.2 MODELLO GEOTECNICO IN SITO	25
5. PROBLEMATICHE GEOTECNICHE	27
6. BIBLIOGRAFIA	29
7. ELABORAZIONI GEOTECNICHE DI LABORATORIO ED IN SITO	30

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

1. PREMESSA

La Relazione Geotecnica presente sviluppa la revisione e l'adeguamento normativo della Relazione Geotecnica redatta nel Settembre 2009 e riferita a normative attualmente superate (NTC-2008), per il Progetto Definitivo del Nuovo Teatro di Nettuno.

Nello specifico l'adeguamento fa riferimento alla norme vigenti NTC-2018 del 17/01/2018, Circ. n. 7 del 21/01/2019 e Regolamento Regionale n. 375 del 05/07/2016.

Il presente rapporto è relativo al Progetto Esecutivo di Completamento del 2° Lotto Funzionale del Nuovo Teatro di Nettuno (già realizzato nelle strutture principali nel 2012), con riferimento ai seguenti progetti:

- Allestimenti interni
- Arredi
- Impiantistica
- Scale antincendio in acciaio
- Palcoscenico in struttura metallica

La presente relazione è basata su indagini appositamente eseguite e su indagini pregresse eseguite nel 2003 (indagine e Relazione Geologica-Geotecnica redatta nel 2003 dal Dott. Geol. Ettore Cuccillato).

Nella presente relazione si discutono i seguenti argomenti:

- inquadramento tettonico, geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area
- descrizione delle indagini geognostiche e geotecniche pregresse ed attuali
- caratteristiche fisico-meccaniche e dei terreni
- problematiche geotecniche emerse

Gli aspetti tettonici, geologici, stratigrafici, geomorfologici e sismici sono stati descritti nella Relazione Geologica-Sismica.

2. INQUADRAMENTO TETTONICO E IDRO-GEO-MORFOLOGICO E SISMICO

Rimandando alla Relazione Geologica-Sismica per una più approfondita disamina, si riassumono qui di seguito i principali caratteri tettonici, geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell'area in studio.

Dal punto di vista **geo-strutturale** siamo in corrispondenza del margine tirrenico dove una serie di faglie dirette, a direzione NW-SE e NE-SW, hanno ribassato i depositi carbonatici meso-cenozoici, che costituiscono più ad est la struttura dell'Appennino. Tale settore è sede di una tettonica distensiva legata alla fase di oceanizzazione del Mar Tirreno.

Successivamente al di sopra dei carbonati ribassati e presenti a grandi profondità, si sono depositate le sequenze sedimentarie marine plio-pleistoceniche che nei settori in esame sono costituite inizialmente da termini argillosi (Pliocene inferiore-medio) e che in concomitanza alla diminuzione della profondità marina diventano via via più sabbiosi (Pliocene-medio-superiore) fino ad ambienti fluvio-lacustri (Pleistocene inferiore). Tale diminuzione della profondità marina è legata alle fasi di sollevamento e costruzione della catena appenninica.

Un altro elemento tettonico-strutturale che ha condizionato l'evoluzione di questo settore tirrenico è l'attività vulcanica che si è sviluppata nel Pleistocene superiore (circa 700.000 anni fa) lungo una fascia con direzione NW-SE, caratterizzata da elevati

L'evoluzione dell'area termina dopo l'emersione delle terre nel Pleistocene, con ambienti continentali fluvio-lacustri e costieri che hanno determinato il depositarsi di sabbie di duna alternate ad ambienti palustri e lagunari.

Durante l'ultima regressione quaternaria (regressione würmiana, apice a 19.000 anni fa) il livello del mare scende fino ad oltre -120 metri rispetto all'attuale; in conseguenza di tale abbassamento del suo livello di base, gli alvei dei corsi d'acqua e dei fossi sono fortemente.

La risalita del mare negli ultimi 19.000 anni (olocene) ha determinato il colmamento delle incisioni vallive con deposizione di argille limi e sabbie, come è avvenuto nella fascia morfologicamente depressa del Fosso Loricina che attraversa la città di Nettuno.

Nel contesto geo-strutturale precedentemente descritto, dal punto di vista **geologico** l'area di Nettuno è interessata da terreni che vanno dal Pliocene fino all'Olocene.

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

I depositi del Pliocene inferiore (5-6 milioni di anni), costituiti da argille grigio-azzurre passanti in alcuni punti a marne sabbiose con una variazione di facies, affiorano in una culminazione anticlinale tra Tor Caldara ed Anzio. Esse costituiscono anche il basamento impermeabile che si trova a qualche centinaio di metri non solo nella zona di Nettuno ma anche di quasi tutta la costa tirrenica fino alle pendici degli Appennini. Il Pliocene medio e superiore (4-2 milioni di anni) è caratterizzato da una arenaria calcarea fossilifera chiamata "Macco" ed affiora, al di sopra delle argille grigio-azzurre, tra Tor Caldara ed Anzio, fino al porto di Nettuno.

Nel centro storico di Nettuno, il "Macco" sta a debole profondità, mentre andando verso Torre Astura gli strati s'immergono verso Sud-Est e si rintracciano a profondità variabili da i 10 ai 30 ai 50 metri andando verso Est e Nord-Est; questa unità rappresenta il substrato locale dell'area in studio.

Al di sopra di queste sequenze argillose marine, in relazione al sollevamento dell'Appennino e del suo margine tirrenico, si imposta nel Pleistocene inferiore una sedimentazione che da marina diventa via via di tipo costiero e successivamente continentale con deposizione di argille, sabbie e ghiaie di ambiente fluvio-lacustre. Questi termini non sono affioranti ma, essendo stati erosi nelle successive fasi, sono soltanto localmente presenti in profondità.

Nel Pleistocene superiore (circa 700.000 anni fa) inizia l'attività vulcanica del distretto dei Colli Albani, durante la quale si mettono in posto ingenti volumi di prodotti vulcanici, con modalità di messa in posto sia di colata piroclastica che di caduta balistica. Questi terreni, diffusi con continuità nei settori prossimali ai colli Albani, nell'area in esame sono presenti con locali affioramenti di Tufo Litoide Lionato esternamente all'area in esame.

In questo periodo le aree costiere sono sede della messa in posto di depositi di duna, che localmente presentano anche interdigitazioni con depositi e materiali di origine vulcanica; la fascia dunare, costituita da sabbie ossidate e giallastre, è sovente interrotta, soprattutto nelle zone retrodunari di zone con deposizione limosa-argillosa e torbosa di ambiente lagunare e palustre. Questi terreni sabbiosi dei depositi dunari sono diffusamente presenti in superficie nell'intera area del Comune di Nettuno.

Durante l'ultima regressione quaternaria (regressione würmiana, apice a 19.000 anni fa) il livello del mare scende fino ad oltre -120 metri rispetto all'attuale; in conseguenza di tale abbassamento del suo livello di base, gli alvei dei corsi d'acqua e dei fossi si abbassano corrispondentemente in maniera considerevole, incidendo fortemente il substrato pleistocenico, costituito localmente da piroclastiti, dalle sabbie di duna e dai depositi pleistocenici.

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

La risalita del mare negli ultimi 19.000 anni (olocene) ha determinato il colmamento delle incisioni vallive con deposizione di argille limi e sabbie, come è avvenuto nella fascia depressa del Fosso Loricina che attraversa la città di Nettuno e dei relativi affluenti minori.

Nello specifico, nell'area in esame, affiorano depositi olocenici e recenti riferibili alle sabbie di duna miste a livelli piroclastici e le alluvioni oloceniche del Fosso Loricina e dei relativi affluenti minori.

Dal punto di vista **geomorfologico** l'area in esame è localizzata in sinistra idrografica del bacino del Fosso Loricina, in un settore in gran parte urbanizzato.

In prossimità della costa il bacino tende a restringersi, delimitato ad ovest dagli affioramenti arenacei del Macco che determinano una costa a falesia (area di Anzio) e ad est da rilievi collinari con depositi dunari.

In tale contesto, dal punto di vista morfologico va accennato alle modifiche antropiche che hanno determinato, nelle recenti fasi di urbanizzazione, la messa in posto di coltri detritiche di riporto che, dopo la deviazione del Fosso secondario raggiungono l'asta del Fosso Loricina.

Nel settore in esame la messa in posto dei riporti ha portato ad una variazione della quota originaria del fondovalle, da circa 4,5-5,0 m slm all'attuale 8-9 m slm.

Dal punto di vista delle dinamiche geomorfiche attualmente, nell'area sede del progetto non sussistono particolari indizi di instabilità sia attuali che potenziali. Purtroppo si deve segnalare che eventuali fenomeni di piena del Fosso Loricina possono determinare fenomeni erosivi sulla scarpata dei riporti presenti lungo l'asta torrentizia; tali fenomeni però dovrebbero determinare locali smottamenti sulla scarpata, senza interessare l'area sede del progetto, distante circa 100 metri dal torrente stesso.

Si sottolinea che al momento dell'attuale revisione normativa, come già detto, il teatro nelle sue strutture principali è stato già realizzato nel 2012; la FOTO 1 mostra la situazione attuale dell'area:

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica



FOTO 1 – visuale attuale dell'area con il teatro già realizzato nel 2012

Dal punto di vista **idrogeologico**, la città di Nettuno è localizzato allo sbocco del bacino idrografico del Fosso Loricina, il quale rappresenta la linea drenante generale dei territori a monte e, similmente condiziona l'andamento delle falde sotterranee.

In effetti si individuano isopieze che convergono verso l'asta del Fosso e che determinano un gradiente che da nord raggiunge la quota livello mare.

Nell'atra in esame la piezometrica coincide con il livello del Fosso Loricina che è localizzato a circa 2,5-3,0 m dal piano campagna.

Sulla base della successione stratigrafica locale si individua una circolazione idrica all'interno dei depositi alluvionali di fondo valle ed in continuità con la circolazione nelle sabbie di duna; la piezometrica è a circa 2-3 m slm ed in collegamento con la quota idrica del fosso Loricina.

Questa falda, con caratteri freatici, è sostenuta dalle sottostanti argille limose grigiastre mediamente consistenti e caratterizzate da bassa-nulla permeabilità.

Una seconda circolazione idrica è presente all'interno del substrato calcarenitico più o meno alterato e dotato di elevata permeabilità; questa falda, con caratteri artesiani, è comunque tamponata al tetto dalle suddette argille grigiastre le quali costituiscono un locale acquiclude che isola le due circolazioni idriche. Questa falda in pressione ha un livello piezometrico intorno a 2-3 m slm (da dati di letteratura).

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

2.1 Sismicità

Nel presente Progetto Esecutivo delle opere di completamento l'analisi della sismicità generale viene sviluppata secondo quanto previsto dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e con le modifiche presenti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) emanato il 17/1/2018.

Rimandando alla Relazione Geologica-Sismica l'analisi dei caratteri macrosismici e di risposta sismica locale dell'area, si riportano qui di seguito i principali aspetti che hanno permesso di definire i valori di $a(g)$, F_0 , TC^* , che permettono di definire lo spettro di risposta locale.

Nel NTC-08 si evidenzia come l'analisi della sismicità è sviluppata con riferimento a metodologie probabilistiche di pericolosità sismica e pertanto le suddette analisi sono condizionate dalle scelte preliminari relative al progetto definendone il Periodo di Riferimento per l'azione sismica (VR), attraverso l'individuazione della sua Vita Nominale (VN) e del Coefficiente d'Uso (CU). Il Periodo di Riferimento VR è così determinato:

$$VR = VN \times CU$$

In accordo con i progettisti, per le opere relative al nuovo teatro di Nettuno, si definiscono i seguenti valori:

VITA NOMINALE - VN	50 anni
CLASSE D'USO	II
COEFFICIENTE D'USO - CU	1,5
Periodo di Riferimento - VR	75 anni

Il Tempo di ritorno del Terremoto di riferimento (TR) si stima con la seguente relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - p_{VR})}$$

dove PVR (%) è la Probabilità di Superamento corrispondente ai vari stati limite che rappresentano le varie strategie professionali:

STATO LIMITE		PVR (%)
Stati Limite di Esercizio	SLO	81
	SLD	63
	SLV	10
Stati Limite Ultimi	SLC	5

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

In base all' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, il Comune di Nettuno (RM) appartiene alla Zona Sismica 3, con accelerazione sismica al suolo $PGA = a/g = 0,15$ (PGA – Peak Ground Acceleration); successivamente il DGR della Regione Lazio n. 766 del 1/8/2003 ha confermato tale classificazione sismica.

Nelle vecchie norme (decreti fino al 1996) il Comune di Nettuno non era classificato.

Successivamente la Regione Lazio, attraverso il Servizio Geologico Regionale dell'Area Difesa del Suolo, dopo un anno di studi ed indagini in collaborazione con l'ENEA, ha emanato una "Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio" (DGR n. 387 del 22 Maggio 2009).

Novità di rilievo di questa ultima classificazione è l'istituzione di sottozone sismiche, che creano l'occasione di poter differenziare in modo dettagliato la pericolosità sismica sul territorio regionale, come qui di seguito illustrato:

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

In tale contesto il Comune di Nettuno è incluso stato nella Zona Sismica 3A, caratterizzata da accelerazione sismica al suolo $PGA = 0,10-0,15$, relativa ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vale a dire in relazione ad un terremoto con tempo di ritorno di 475 anni).

Dall'analisi della sismicità locale emergono i seguenti elementi (Vedi Relazione Geologica-Sismica):

Parametri sismici ($a(g)$, F_0 , TC^) su suolo rigido*

Con riferimento ai vari stati limite si riportano i parametri che permettono di costruire i rispettivi spettri di risposta in relazione alle varie strategie progettuali:

STATO LIMITE		PVR (%)	TR (anni)	$a(g)$	F_0	TC^*
Stati Limite di Esercizio	SLO	81	45	0,03987	2,52956	0,25968
	SLD	63	75	0,04842	2,53823	0,28136
	SLV	10	712	0,09953	2,70085	0,32721
Stati Limite Ultimi	SLC	5	1462	0,12192	2,72396	0,33718

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Fattore di amplificazione stratigrafico (Ss)

Per quanto riguarda la Categoria di Sottosuolo nel caso in esame, il valore ricavato dalla prova sismica in foro Down-Hole è di **Vs30 = 268.5 m/sec**, individuando pertanto una **Categoria di Sottosuolo C**.

Nel NTC 2018 il fattore stratigrafico Ss viene valutato attraverso la seguente relazione valida per Categoria di Sottosuolo C.

$$S_s = 1,7 - 0,60 \cdot Fo \cdot \frac{a}{g} \quad (\text{Categoria di Sottosuolo C})$$

Fattore di amplificazione topografico (ST)

Nel caso in esame sono presenti inclinazioni inferiori a 15° e pertanto si può assumere una Categoria Topografica T1, con **Coefficiente di Amplificazione Topografica St = 1,0**.

o o o o o o o o

Nell'ambito del NTC-2018 il Coefficiente S che misura l'amplificazione locale relativa alla Categoria di Sottosuolo (Ss) e delle Condizioni Topografiche (ST) viene valutato con la seguente relazione:

$$S = \tilde{S}_s \cdot S_T$$

Per quanto riguarda il **rischio di liquefazione** dei terreni in condizioni sismiche, questo può in teoria verificarsi soltanto nei livelli sabbiosi in falda dei depositi olocenici del fosso presenti fino alla profondità di circa 11-12 m dal p.c.; le sottostanti argille grigie ed il substrato arenaceo (Macco) hanno caratteristiche geotecniche e granulometriche tali da impedire il verificarsi di tale problematica.

Dalle verifiche eseguite tali terreni non risultano soggetti a fenomeni di liquefazione (vedi Relazione Geologica-Sismica).

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

3. INDAGINI GEOTECNICHE

Si fa riferimento ad una indagine geognostica, eseguita nel 2003 e ad una indagine appositamente eseguita per la presente fase progettuale.

Tale indagine risulta congrua in riferimento alla normativa del Regolamento Regionale n. 375 del 5 Luglio 2016, che stabilisce le indagini minime da eseguire (vedi Relazione Geologica-Sismica).

- Campagna geognostica del 2003

L'indagine, eseguita nel 2003, è consistita nella esecuzione di n. 2 sondaggi geognostici a rotazione ed a carotaggio continuo, con esecuzione di prove penetrometriche tipo SPT.

SONDAGGIO	PROFONDITA' (metri)	SPT	PIEZOMETRO A TA
S1	30	4	SI
S2	30,50	3	SI

In corrispondenza dei litotipi pelitico-siltosi sono state eseguite punzonature con Penetrometro Tascabile.

In tale indagine, prevalentemente stratigrafica, non sono stati prelevati campioni di terreno per prove di laboratorio (nella Relazione Geologica-Geotecnica del Dott. Geol. E. Cuccillato, la parametrizzazione geotecnica dei terreni è sviluppata sulla base di dati in suo possesso, ma non esplicitati, relativi ad indagini in zone vicine).

Le stratigrafie dei sondaggi relativi all'indagine del 2003 sono allegati alla fine della Relazione Geologica-Sismica.

- Campagna geognostica integrativa – Progetto Definitivo - 2009

Vista la regolarità stratigrafica emersa dall'indagine del 2003, si è ritenuto necessario e sufficiente eseguire un ulteriore sondaggio geognostico al fine di prelevare campioni indisturbati per prove di laboratorio ed eseguire una prova sismica in foro tipo Down-Hole per definire la risposta sismica locale in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Per soddisfare i suddetti criteri il sondaggio è stato ubicato nel settore che presentava i massimi spessori delle alluvioni oloceniche del fosso Loricina (settore ovest dell'area in studio)..

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

La Tabella seguente illustra li dati relativi al sondaggio geognostico eseguito in questa fase di progettazione:

SONDAGGIO	PROFONDITA' (metri)	CAMPIONI INDISTURBATI (n.)	CAMPIONI DISTURBATI (n.)	SPT (n.)
S1-09	30	4	3	2

I campioni sono stati prelevati alle seguenti profondità e sono state sottoposte alle seguenti prove di laboratorio:

NUMERO (Prof.)	TIPO	LITOLOGIA	PROVE DI LABORATORIO
CI-1 (3,00-3,50)	Campione indisturbato	Limo argilloso grigio-scuro – organico, poco consistente	- Riconoscimento (Wn, peso di volume, peso specifico, granulometria, Limiti di Atterberg) - Taglio diretto lento - Edometro - ELL
CD-1 (7,50-7,60)	Campione disturbato	Sabbie	Granulometria
CI-2 (9,00-9,50)	Campione indisturbato	Sabbia limosa marrone	- Riconoscimento (Wn, peso di volume, peso specifico, granulometria, Limiti di Atterberg) - Taglio diretto lento
CI-3 (15,0-15,50)	Campione indisturbato	Argilla limosa grigiastra	- Riconoscimento (Wn, peso di volume, peso specifico, granulometria, Limiti di Atterberg) - Taglio diretto lento - ELL
CI-4 (18,0-18,65)	Campione indisturbato	Argilla limosa grigiastra	- Riconoscimento (Wn, peso di volume, peso specifico, granulometria, Limiti di Atterberg) - Taglio diretto lento - Edometro - ELL
CD-2 (18,60)	Campione da SPT a punta aperta	Argilla limosa grigiastra	Limiti di Atterberg
CD-3 (28,00)	Campione disturbato	Spezzone di carota - arenaria	Peso di volume per pesata idrostatica

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Il sondaggio geognostico è stato eseguito dalla Soc. SOTEC srl, di Anzio, mentre le prove di laboratorio sono state eseguite presso i laboratori dello Studio Indagini Geotecniche srl di Roma.

Indagine geofisica – sismica in foro Down-Hole

Nel presente Progetto Definitivo l'analisi della sismicità generale e locale viene sviluppata secondo le modalità probabilistiche di pericolosità sismica, come descritte nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

In tale contesto, vista l'importanza dell'opera, la valutazione della categoria di Suolo viene implementata attraverso la misura diretta della velocità delle onde di taglio Vs, attraverso una prova di sismica in foro con modalità Down-Hole.

Per maggiori dettaglio sulla prova e sui grafici delle onde Vs30 si rimanda alla documentazione dell'indagine geognostica eseguita dalla Soc. SOTEC srl di Anzio; i valori di velocità delle onde di taglio sono stati discussi nella Relazione Geologica.

Le stratigrafie, i risultati dell'indagine sismica Down-Hole ed i certificati delle prove di laboratorio (indagine 2009) sono allegati in un volume a parte.

Le stratigrafie dell'indagine del 2003 sono allegate alla fine della Relazione Geologica-Sismica.

L'ubicazione di tutte le indagini utilizzate è mostrata in Figura 1.

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

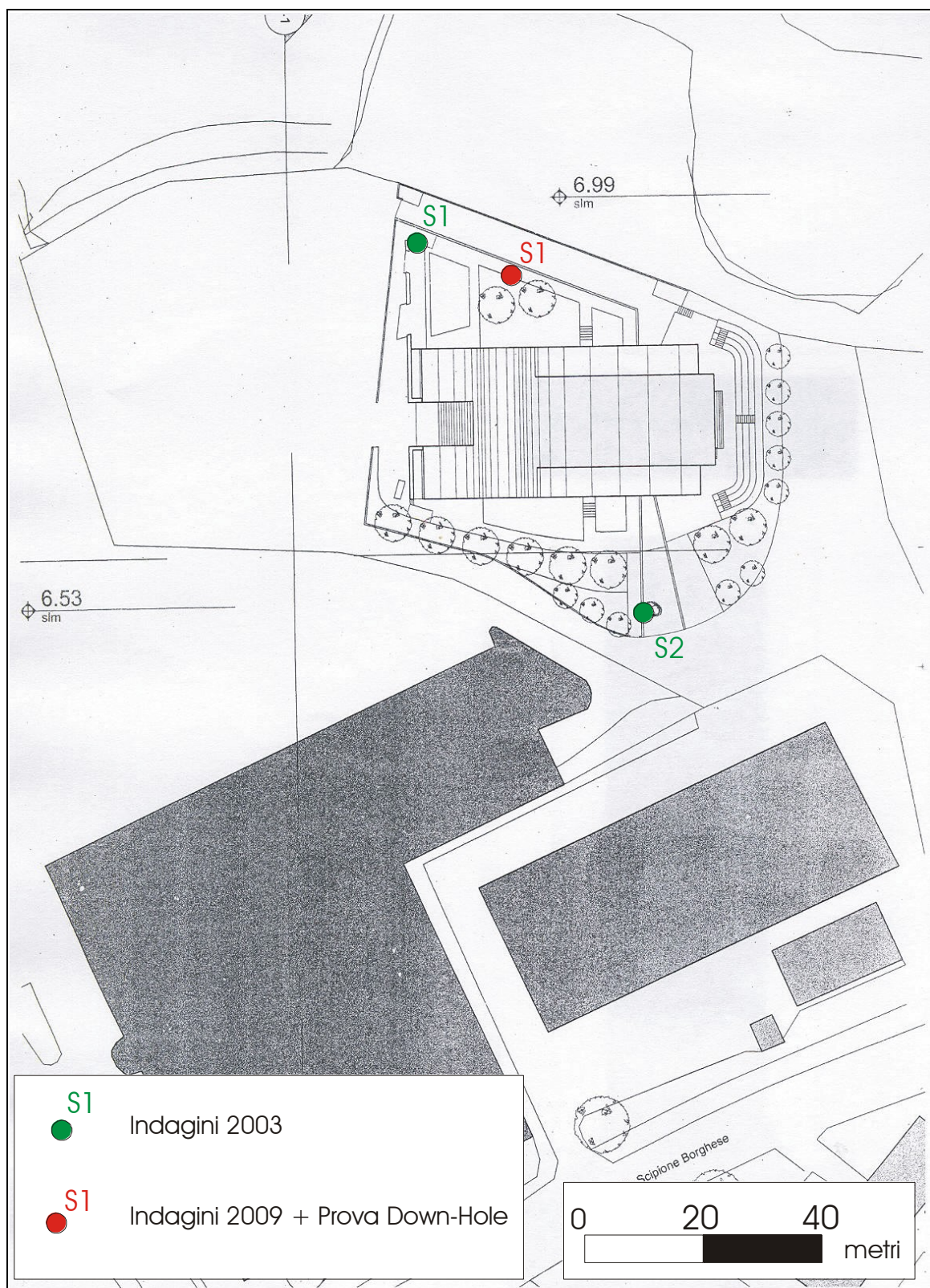


Figura 1 – ubicazione indagini geognostiche pregresse ed attuali

3.1 Modelli di interpretazione dei parametri geotecnici in sito

La parametrizzazione geotecnica è sviluppata integrando i risultati delle prove geomeccaniche di laboratorio e delle prove geotecniche in sito (SPT, Penetrometro tascabile)

Per i **terreni coesivi** si determinano i parametri di resistenza al taglio a lungo termine ed a breve termine; i valori di C_u di laboratorio sono verificati utilizzando i valori del penetrometro tascabile con la relazione empirica $C_u = R_p/2$. I parametri di deformazione drenati (E_{ed}) sono ricavati da prove edometriche.

I **terreni incoerenti** a comportamento frizionale, sono parametrizzati con resistenza al taglio drenata da prove di laboratorio e con moduli di deformazione stimati, ove necessario, attraverso i valori penetrometrici.

In particolare per la parametrizzazione del substrato semilapideo arenaceo (Macco) si adotta il metodo GSI (Geological Strength Index, Hoek& Brown, 2006).

Prove penetrometriche dinamiche SPT

In letteratura esistono numerose le correlazioni fra parametri geomeccanici dei terreni e valori penetrometrici SPT (Standard Penetration Test).

I dati penetrometrici SPT, particolarmente significativi per la definizione degli orizzonti più granulari non campionabili, sono utilizzati per la parametrizzazione di tali terreni, con le metodologie più accreditate presenti in letteratura (Bazaara, Bolton, D'Appolonia, Jamiolkowski, ecc.).

Per i terreni incoerenti ed a comportamento geomeccanico di tipo frizionale le prove penetrometriche permettono di stimare la densità relativa (D_r), l'angolo d' attrito di picco (ϕ_p) e i Moduli di deformazione (E)

oooooooooooooooooooo

Alla fine del presente rapporto sono allegate le elaborazioni statistiche e grafiche delle prove di laboratorio ed in sito.

4. CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

Sulla base dei dati stratigrafici relativi a tutte le indagini sin qui svolte emerge che l'area interessata dal progetto impegna, dall'alto verso il basso, i seguenti terreni:

- riporti
- alluvioni del Fosso Loricina (olocene)
- sabbie di duna miste a livelli piroclastici (olocene)
- argille limose grigiastre (pleistocene)
- arenarie – Macco (pliocene superiore)

Una prima analisi delle caratteristiche geotecniche dell'intera serie stratigrafica può essere sviluppata attraverso i valori penetrometrici (Figura 2) e dei valori della coesione non drenata C_u stimata dal Penetrometro tascabile (Figura 3).

Per quanto riguarda i valori SPT, questi sono caratterizzati da valori bassi che comunque aumentano con la profondità (alla fine del presente rapporto sono allegate le parametrizzazioni attraverso le prove SPT); similmente bassi e medio-bassi sono i valori della coesione non drenata C_u .

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

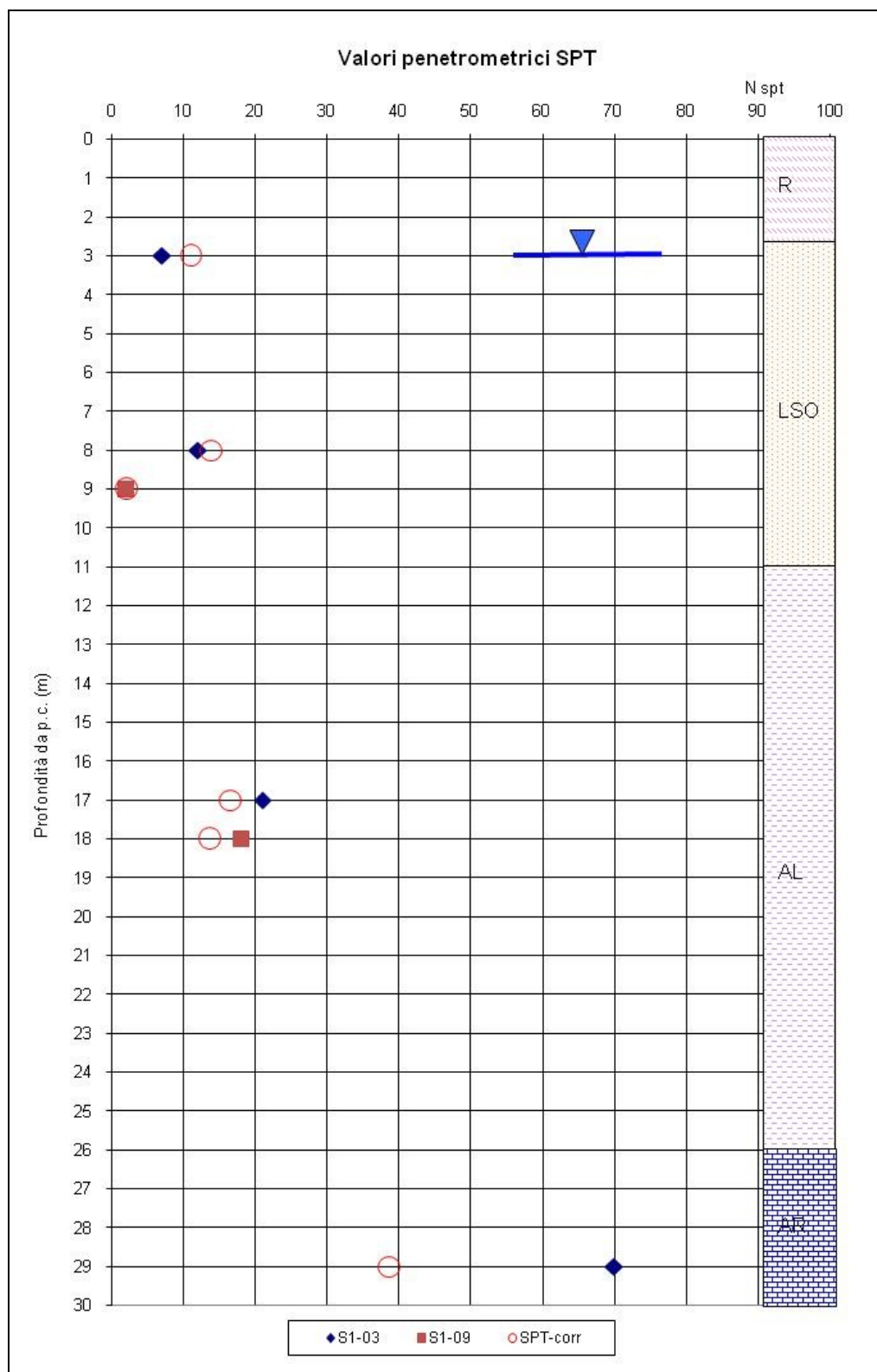


Figura 2 – andamento dei valori penetrometrici con la profondità

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

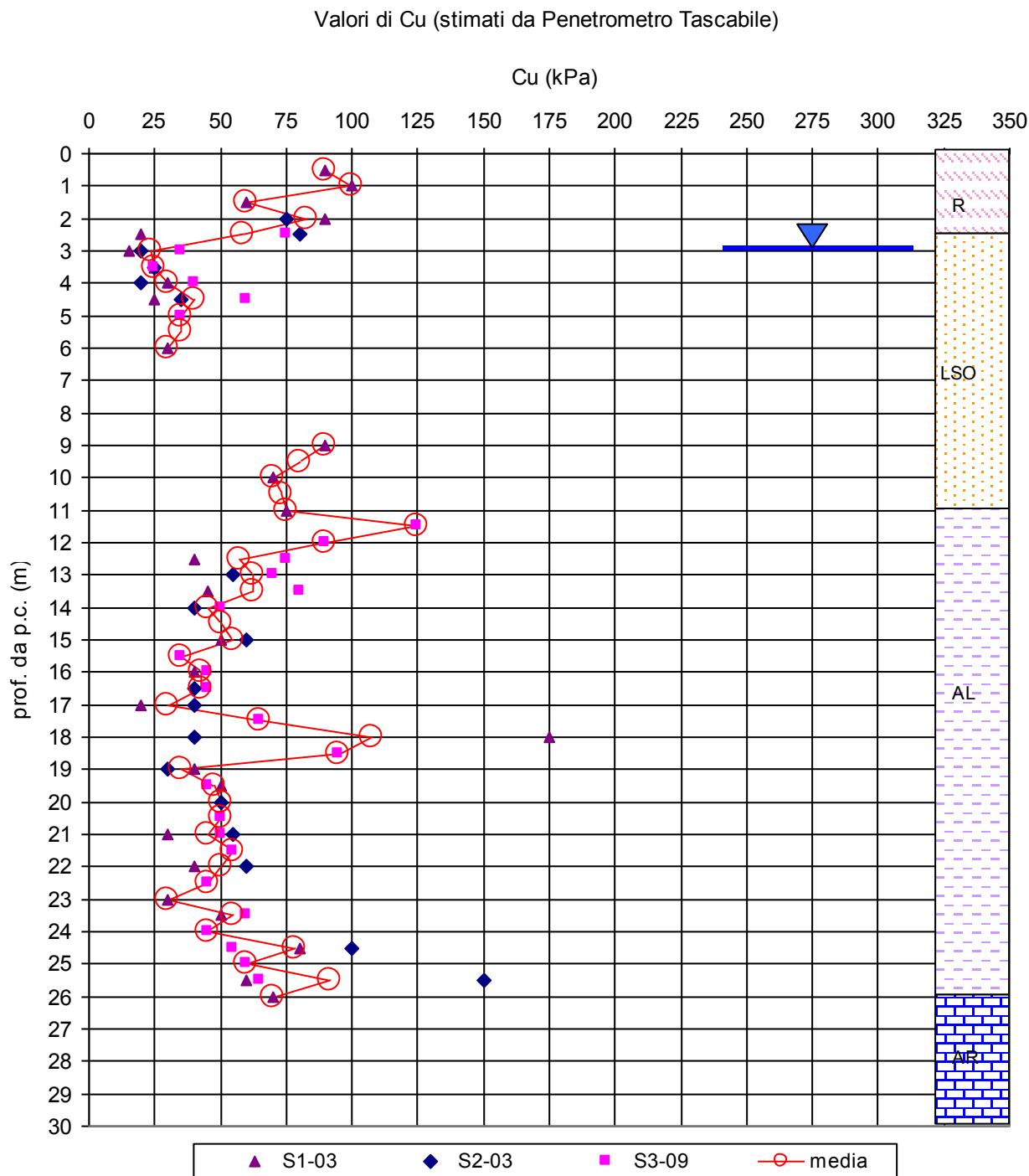


Figura 3 – andamento dei valori di Cu con la profondità

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Si descrivono qui di seguito le varie Unità Litotecniche individuate, descrivendo i range di variabilità dei principali parametri fisico-meccanici.

R – RIPORTI (Recente)

L'area in esame è caratterizzata da una coltre di riporti che sono stati messi in posto nel corso delle fasi urbanistiche; tali riporti hanno coperto l'originale corso del fosso Loricina ed hanno raggiunto il corso del Fosso della Mole.

Lo spessore generale è intorno a 1-3 metri, con aumento degli spessori da ovest verso est.

Trattasi di materiali a granulometria essenzialmente sabbiosa-limosa, di colore marrone-giallastro, con rari e minuti elementi lapidei di natura vulcanica.

Dato i limitati spessori e l'assetto sostanzialmente caotico questa unità non è stata campionata e non è stata interessata da prove penetrometriche; il comportamento geomeccanico è comunque decisamente frizionale con medio-elevata deformabilità.

Si stimano i seguenti parametri fisico-meccanici.

Peso di volume - γ (kN/m ³)	17
Angolo di attrito - ϕ' (°)	28
Coesione drenata – C' (kPa)	0
Modulo di Deformazione – E (Mpa)	5

LSO – ALLUVIONI DEL FOSSO LORICINA (Olocene)

Inferiormente ai riporti si sono intercettati i depositi olocenici e recenti di fondovalle del fosso Loricina, costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose con passaggi argillosi di colore brunastro; si individuano frequenti passaggi nerastri per la presenza di sostanza organica.

Lo spessore generale è intorno a 7-9 metri, con spessori maggiori verso est e minimi verso ovest (sondaggio S2-03 con spessori intorno a 3-4 metri).

Questi terreni sono saturi sono caratterizzati da un comportamento geomeccanico prevalentemente frizionale (frazione sabbiosa presente con il 60-80%), pur con locale componente coesiva dovuta alla frazione limosa-argillosa, presente fino ad un massimo di 15-25%.

I valori SPT variano da 7 a 12 colpi/30cm, ma si segnala un valore di $N_{spt} = 2$ alla base del deposito, probabilmente relativo ad un livello decisamente sabbioso in falda.

In questa unità sono state eseguite prove di taglio diretto e prove di compressione semplice ad espansione laterale libera.

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Si sono ottenuti i seguenti parametri fisico-meccanici:

Peso di volume - γ (kN/m ³)	18-19
Umidità naturale – Wn (%)	23-35
Limite Liquido – LL (%)	30,2
Indice Plastico – IP (%)	10,5
Indice di Consistenza - Ic	-0,52
Angolo di attrito - ϕ' (°)	35-36
Coesione drenata – C' (kPa)	5
Coesione non drenata – Cu (kPa)	21
Modulo Edometrico – Eed (Mpa)	1,5

Il comportamento geomeccanico è tendenzialmente frizionale, con basso addensamento ed elevata deformabilità; localmente la frazione limo-argillosa determina una pur bassa coesione.

La coesione non drenata di laboratorio è coerente con quella valutata con il penetrometro tascabile.

Si sottolinea comunque l'indice di consistenza Ic di valore negativo, dovuto al contenuto in acqua superiore al Limite Liquido.

SD – SABBIE DI DUNA (Olocene)

Nel settore ovest dell'area in esame, ed in corrispondenza del sondaggio S2-03, al di sotto delle alluvioni oloceniche del fosso, si sono carotati terreni riferibili alla formazione delle dune, le quali affiorano in corrispondenza del Consorzio.

Dal punto di vista litologico si sono riconosciute sabbie giallastre-rossastre con frequenti livelli di origine piroclastica, mediamente addensate.

In corrispondenza del sondaggio S2.03, si rileva uno spessore massimo di circa 6-7 metri.

Questi terreni non interessano direttamente l'opera in progetto, in quanto erose, e pertanto la parametrizzazione geomeccanica è svolta con parametri stimati

Peso di volume - γ (kN/m ³)	19
Angolo di attrito - ϕ' (°)	30
Coesione drenata – C' (kPa)	0-5
Modulo di Deformazione – E (Mpa)	15

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Il comportamento geomeccanico è frizionale, con medio addensamento; può essere presente una certa coesione dovuta a fenomeni di ossidazione.

AL – ARGILLE LIMOSE (Pleistocene)

Inferiormente alle alluvioni oloceniche del fosso e dei depositi dunari presenti nei settori orientali, si individuano argille limose grigiastre mediamente consistenti, attribuibili al pleistocene.

Il tetto di questa unità ha un andamento suborizzontale, a circa 11-13 metri dal piano campagna, e similmente regolare è il suo spessore (14-15 metri).

Dal punto di vista granulometrico prevale la frazione limosa-argillosa che arriva fino al 90-95%.

I valori SPT variano da 18 a 21 colpi/30cm, indice di una media consistenza.

Il comportamento geomeccanico è decisamente coesivo con media deformabilità, con livelli di bassa consistenza nei primi 2-3 metri al tetto per la presenza della falda sostenuta dalle argille stesse.

La coesione non drenata di laboratorio ha dato un valore basso al tetto dello strato ($C_u = 22$ kPa) ed un valore più elevato al centro dello strato ($C_u = 113,5$), indice di una carta variabilità geomeccanica. Considerando anche i valori di C_u stimati dal penetrometro tascabile (vedi Figura 3) si assume una variabilità in sito di $C_u = 50-110$ kPa

Si valutano pertanto i seguenti parametri fisico-meccanici:

Peso di volume - γ (kN/m ³)	18,5-19,5
Umidità naturale – W_n (%)	30-37
Limite Liquido – LL (%)	42-54
Indice Plastico – IP (%)	20-27
Indice di Consistenza - I_c	0,6-0,8
Indice dei vuoti - e	0,780-1,000
Angolo di attrito - φ' (°)	23-25
Coesione drenata – C' (kPa)	18-35
Coesione non drenata – C_u (kPa)	50-110
Modulo Edometrico – E_{ed} (Mpa)	5,7

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

AR – ARENARIE – MACCO (Pliocene)

Il substrato generale dell'area è costituito da depositi di età pliocenica, costituiti da arenarie, conosciute con il nome di "Macco"; lo spessore generale è di molte centinaia di metri.

Dal punto di vista litologico la porzione carotata di questa formazione è costituita da arenarie tenere, alternate a sabbie addensate; non si è individuato un assetto decisamente lapideo, ma una diffusa alterazione dell'ammasso, almeno nella porzione sommitale carotata per uno spessore massimo di 4-5 metri.

Una prova penetrometrica SPT ha dato un valore di 70 colpi/30cm, indice comunque di un elevato addensamento nelle porzioni non lapidee.

Questi terreni sono di difficile campionamento e si è potuto soltanto prelevare un campione per la determinazione del peso di volume, che è risultato $\gamma = 23,8 \text{ kN/m}^3$.

Per addivenire ad una parametrizzazione, per quanto stimata, metodologicamente corretta, i parametri di deformazione e di resistenza al taglio sono valutati secondo il metodo GSI (Geological Strength Index, Hoek & Brown, 2006), valutando, in base a quanto osservato dal carotaggio, un indice RQD = 40% ed un valore di GSI = 35.

Il Modello di Hoek-Brown permette una stima dei parametri di resistenza al taglio e deformabilità dell'ammasso, che nel caso in esame vengono espressi con riferimento al modello Mohr-Coulomb. La Figura 4 mostra graficamente l'attribuzione del valore di GSI e la Figura 5 mostra il tabulato di calcolo con la individuazione dei parametri di resistenza al taglio.

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico

Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale

Relazione Geotecnica

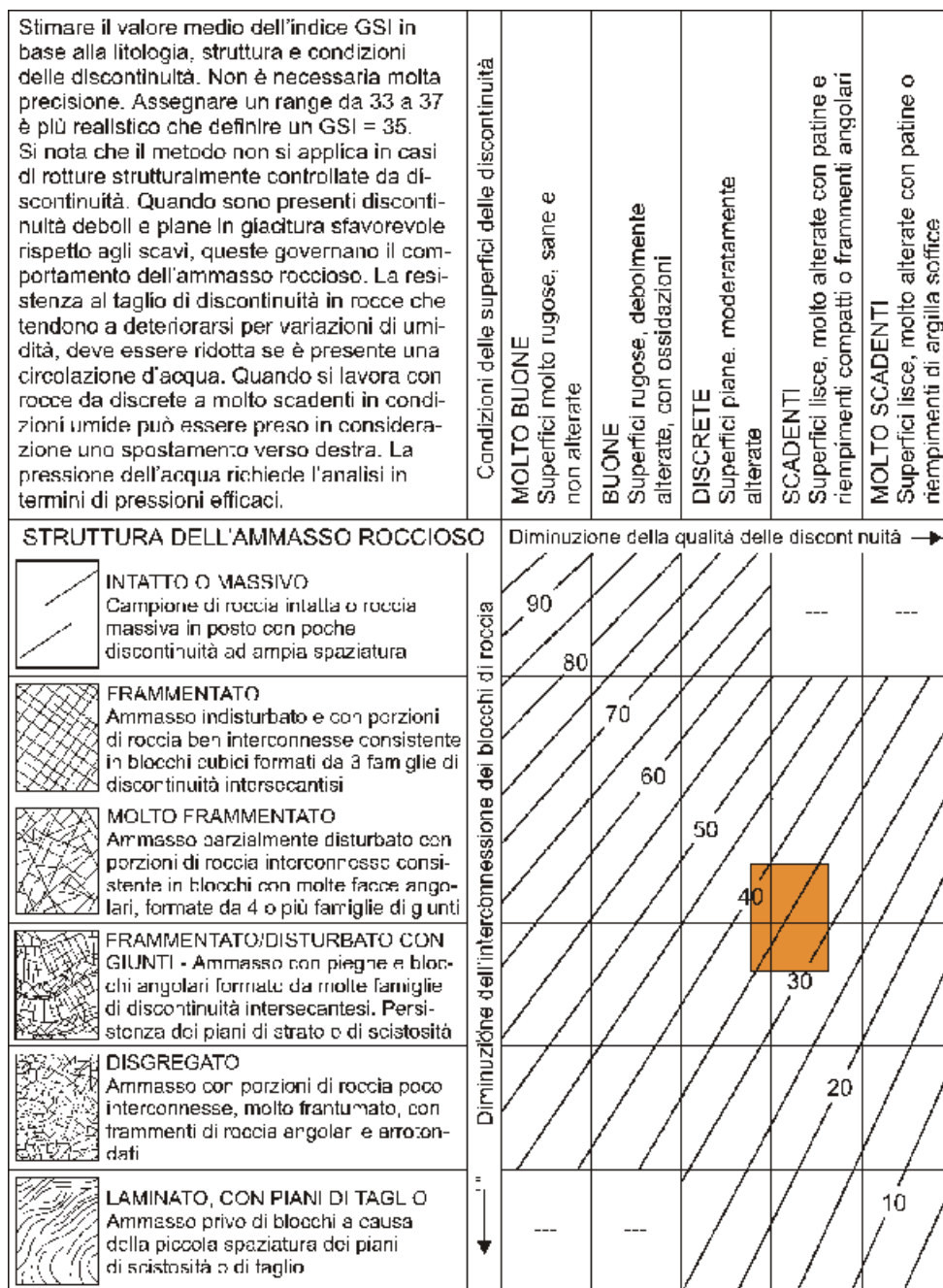


Figura 4 – stima dell'Indice GSI

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

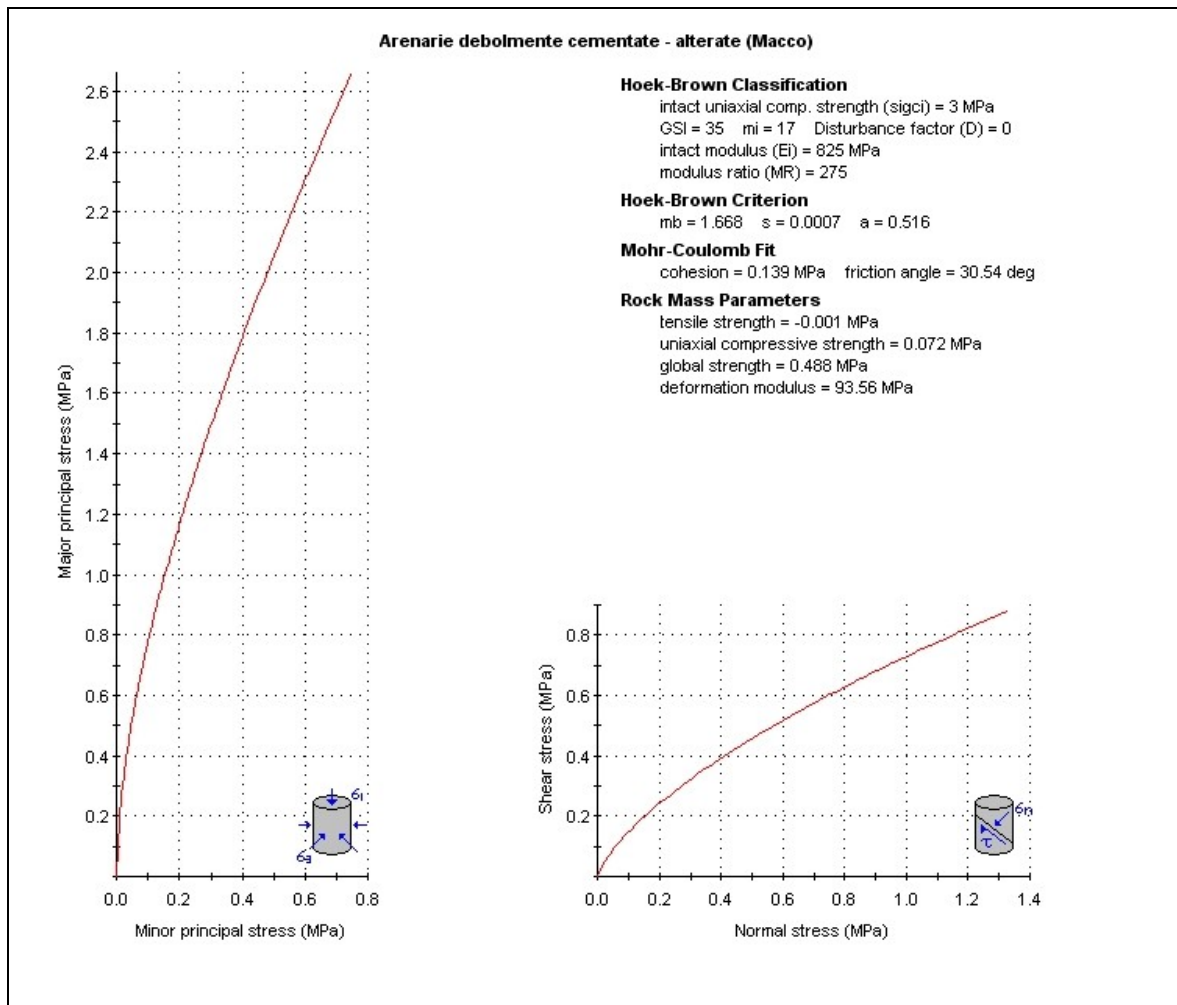


Figura 5 – valutazione parametri di resistenza al taglio e deformabilità

Risultano i seguenti parametri geomeccanici (validi per l'intero ammasso):

- Angolo di attrito - φ' (°): 30,54
- Coesione drenata - C' (kPa): 139 kPa
- Modulo di deformazione – E (MPa): 93,56

Si assumono, con criterio cautelativo, i seguenti parametri di progetto.

Peso di volume - γ (kN/m ³)	23,8
Angolo di attrito - φ' (°)	30
Coesione drenata – C' (kPa)	100
Modulo di Deformazione – E (Mpa)	60

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

4.1 Parametri geomeccanici di progetto

Sulla base delle analisi sin qui svolte si riassumono qui di seguito i parametri di progetto, scelti con criterio cautelativo.

UNITA' LITOTECNICA	γ kN/m ³	c' kPa	φ' deg	c_u kPa	E_{ed}/E' MPa
R - Riporti	17	0	28	-	5
LSO - Limi sabbiosi	18	5	33	20	2
SD - Sabbie di Duna	19	0-5	30	-	12
AL - Argille grigie - pleistocene	19	25	24	80	6
AR – Arenarie (Macco)	23	100	30	-	60

4.2 Modello geotecnico in sito

In base alla successione geologico-stratigrafica individuata nella Relazione Geologica e con riferimento ai parametri fisico-meccanici ora descritti, la Figura 4 mostra il modello geotecnico di progetto assunto in questa sede, che contempla, in corrispondenza del teatro in progetto, un substrato pliocenico calcarenitico molto alterato, un deposito argilloso pleistocenico di spessore costante e depositi olocenici-recenti del fosso Loricina; in superficie si è evidenziata la presenza di una coltre di terreni di riporto, mentre i depositi dunari sono presenti solo nei settori est dell'area in esame.

Una circolazione idrica freatica è individuata a circa 2,5-3,0 m dal piano campagna.

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

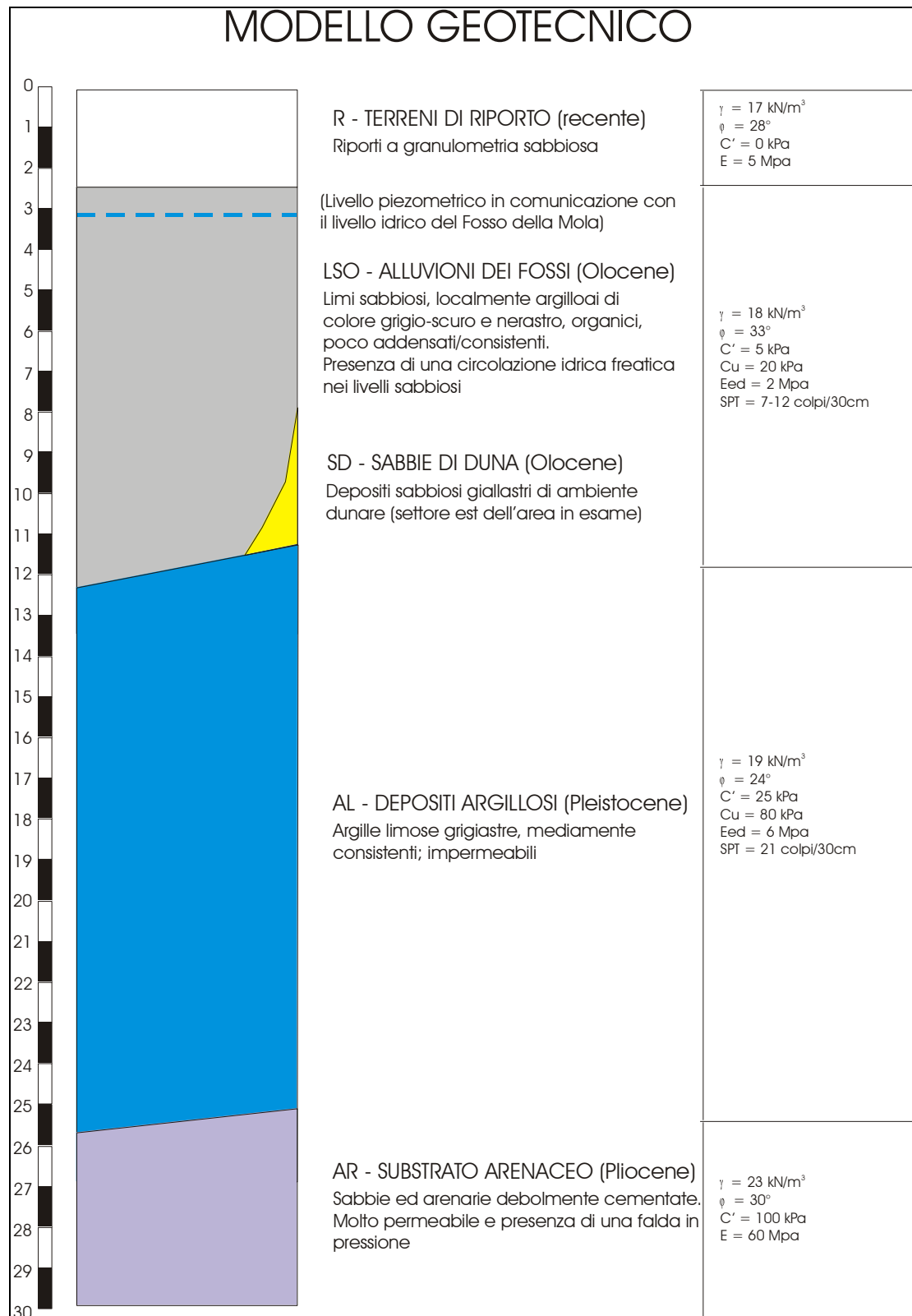


Figura 4 – Modello geotecnico in sito

5. PROBLEMATICHE GEOTECNICHE

Si riportano qui di seguito integralmente le considerazioni finali della Relazione Geotecnica redatta nel 2009 ed ancora valide nell'ambito del presente Progetto Esecutivo di Completamento del 2° Lotto Funzionale del Nuovo Teatro di Nettuno (già realizzato nelle strutture principali nel 2012).

L'opera è localizzata in sinistra idrografica del fosso di Loricina e pertanto è interessata dai depositi alluvionali olocenici del suddetto fosso, caratterizzati da granulometrie sabbiose-limose e limo-argillose sature (si individua un livello piezometrico a 2,5-3,0 m dal p.c.).

Tali terreni sono caratterizzati da scadenti caratteristiche geotecniche, in condizioni geostatiche di normalconsolidazione e pertanto suscettibili di elevate deformazioni.

Inoltre l'area ha subito recentemente modifiche morfologiche con la messa in posto di riporti con spessori variabili da 2 a 4 metri e con caratteristiche geotecniche non affidabili; si segnala che in concomitanza della messa in posto dei riporti si è deviato un piccolo fosso affluente, che è stato immesso nel Fosso Loricina più a nord dell'area in esame.

Sia i riporti che le alluvioni del fosso, il cui letto è posto a circa 11-13 m dal p.c., non garantiscono sufficiente sicurezza come base fondale.

Inferiormente sono presenti, fino a 25-27 m dal p.c., depositi argillosi di età pleistocenica caratterizzati da una media consistenza, un comportamento geomeccanico coesivo ed una media deformabilità.

Tutte le suddette unità litotecniche sono sovrimposte ad un substrato arenaceo poco cementato con livelli sabbiosi concrezionati (Macco), caratterizzato comunque da medio-elevati parametri di resistenza al taglio e bassa deformabilità (anche con riferimento ai livelli carotati al tetto che sono alterati e/o fratturati)..

In tale contesto, dal punto di vista geotecnico, in accordo con il contesto geologico e idrogeologico, si individua che la tipologia fondale più idonea sia quella profonda su pali intestati nel substrato arenaceo; tale tipologia fondale nel contempo supererebbe le problematiche relative alla falda presente a 2-3 metri dal piano campagna, senza determinare limitazioni della circolazione idrica sotterra e modificazioni locali dei gradienti idrici. Si sottolinea che nel corso della realizzazione de pali si dovrà tener conto che nel substrato arenaceo è presente una falda in pressione.

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Dal punto di vista della risposta sismica locale la prova Down-Hole ha determinato un valore di $V_{s30} = 268,5$ m/sec, che determina una Categoria di Sottosuolo C.

Alla luce della presente revisione normativa della Relazione Geotecnica relativa al Progetto Esecutivo di Completamento del 2° Lotto Funzionale del Nuovo Teatro di Nettuno (già realizzato nelle strutture principali nel 2012), non si evidenziano particolari problemi per la realizzazione dei vari interventi di completamento in quanto trattasi di elementi sostanzialmente slegati dalle strutture del teatro già realizzato (pavimentazioni e partiture interne, scale, controsoffitti, porte, allestimenti fonoassorbenti, impiantistica, ecc.).

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

6. BIBLIOGRAFIA

BOWLES J.E.,(1991), *Fondazioni - Progetto e analisi*, McGraw-Hill Ed., 1991

LANCELLOTTA R. (1983), *Meccanica dei terreni e fondazioni.*, Ed. Levrotto & Bella, Torino

CESTELLI GUIDI C. (1981), *Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni*, Voll. 1, 2, Hoepli Ed.

HOEK E. et alii, (2002), *Hoek-Brown failure criterion – 2002 Edition*, Proc. NARMS-TAC Conference, Toronto, Vol. 1, 267-273

HOEK E, DIEDERICHS M.S., (2006), *Empirical estimation of rock mass modulus*, Int. Journ. of Rock Mech. and Mining Sc., Vol. 45, 203-215

MARINOS P., HOEK E., (2001), *Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch*, Bulletin of the Engineering Geology and the Environment, Proc. GeoEng 2000, Melbourne

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

7. ELABORAZIONI GEOTECNICHE DI LABORATORIO ED IN SITO

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico

Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale

Relazione Geotecnica

ProveLaboratorio, totale-ilitipo, 28/09/2009

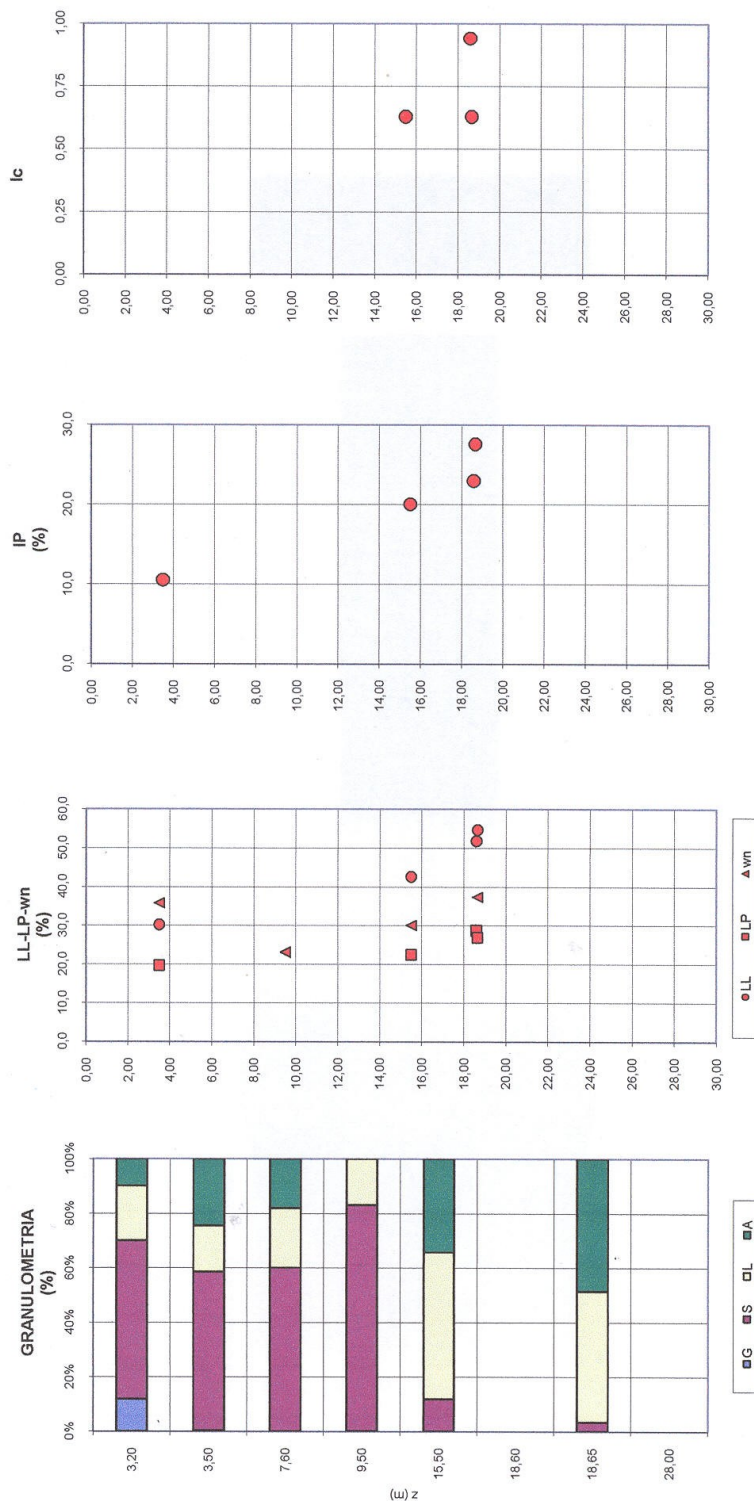
LAVORO: Nuovo Teatro di Nettuno
 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE SUDDIVISE PER FORMAZIONE E LITOTIPO

	DATI PRELIEVO			CARATTERISTICHE FISICHE				LIMITI DI ATTERBERG				GRANULOMETRIA						Taglio diretto CD		ELL		EDOMETRICA				
	Sond/Camp	Tipo	Prof (m)	Litotipo	Unità	G _s KN/m ³	γ _{mot} KN/m ³	e	n	S _r	W _n	LL	LP	IP	A	G	S	L	A	c' p	φ _p	cu	Ed _c	σ _p	OCR	
INDAGINE	SI/CI1-a	Ind.	3,20	Limi sabbiosi organici	LSO	2,7	17,5	0,998	50%	0,977	35,7	30,2	19,7	-0,52	10,5	0,43	12,0	58,0	20,0	10,0	5,0	35,0	21,0	1,7	80	1,5
	SI/CI1-b	Ind.	3,50	Limi sabbiosi organici	LSO	2,7	17,5	0,998	50%	0,977	35,7	30,2	19,7	-0,52	10,5	0,43	12,0	58,0	20,0	10,0	5,0	35,0	21,0	1,7	80	1,5
	SI/CD1	Dist.	7,60	Sabbie limose	LSO	26,7	20,7	0,987	37%	1,000	23,1						0,0	60,0	22,0	18,0						
	SI/CI2	Ind.	9,50	Sabbie limose	LSO	26,7	20,7	0,987	37%	1,000	23,1						0,0	60,0	22,0	18,0						
	SI/CI3	Ind.	15,50	Argilla limosa grigia	AL	26,6	19,4	0,782	44%	1,000	30,0	42,6	22,6	0,63	20,0	0,58	0,0	12,0	53,9	34,4	18,0	25,0	22,0			
	SI/CD2	Dist.	18,60	Argilla limosa grigia	AL	26,6	19,4	0,782	44%	1,000	30,0	51,8	28,8	0,94	23,0											
	SI/CI4	Ind.	18,65	Argilla limosa grigia	AL	26,8	18,4	0,998	50%	1,000	37,3	54,6	27,0	0,63	27,6	0,52	0,0	3,7	52,8	53,5	35,0	23,0	113,5	5,7	300	1,8
	SI/CD3	Dist.	28,00	Arenaria alterata	AR	23,8	23,8																			
2009	media					20,7	19,9	0,841	0,5	0,994	31,5	44,8	24,5	0,42	20,3	0,51	2,1	45,8	30,5	23,4	15,8	29,9	52,2	3,7	190,0	1,6
	dev.st					12,0	2,2	0,198	0,1	0,012	6,4	11,0	4,1	0,65	7,2	0,08	4,9	31,0	17,8	18,9	14,2	6,9	53,1	2,8	195,6	0,2
	min					2,7	17,5	0,987	0,4	0,977	23,1	30,2	19,7	-0,52	10,5	0,43	0,0	3,7	17,0	0,0	5,0	23,0	21,0	1,7	80,0	1,5
	max					26,8	23,8	0,998	0,5	1,000	37,3	54,6	28,8	0,94	27,6	0,58	12,0	83,0	53,9	53,5	35,0	36,5	113,5	5,7	300,0	1,8
	coeff. var.					0,6	0,1	0,235	0,1	0,012	0,2	0,2	0,2	1,54	0,4	0,15	2,4	0,7	0,6	0,8	0,9	0,2	1,0	0,8	0,8	0,1

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

ProveLaboratorio, Grafici, 28/09/2009

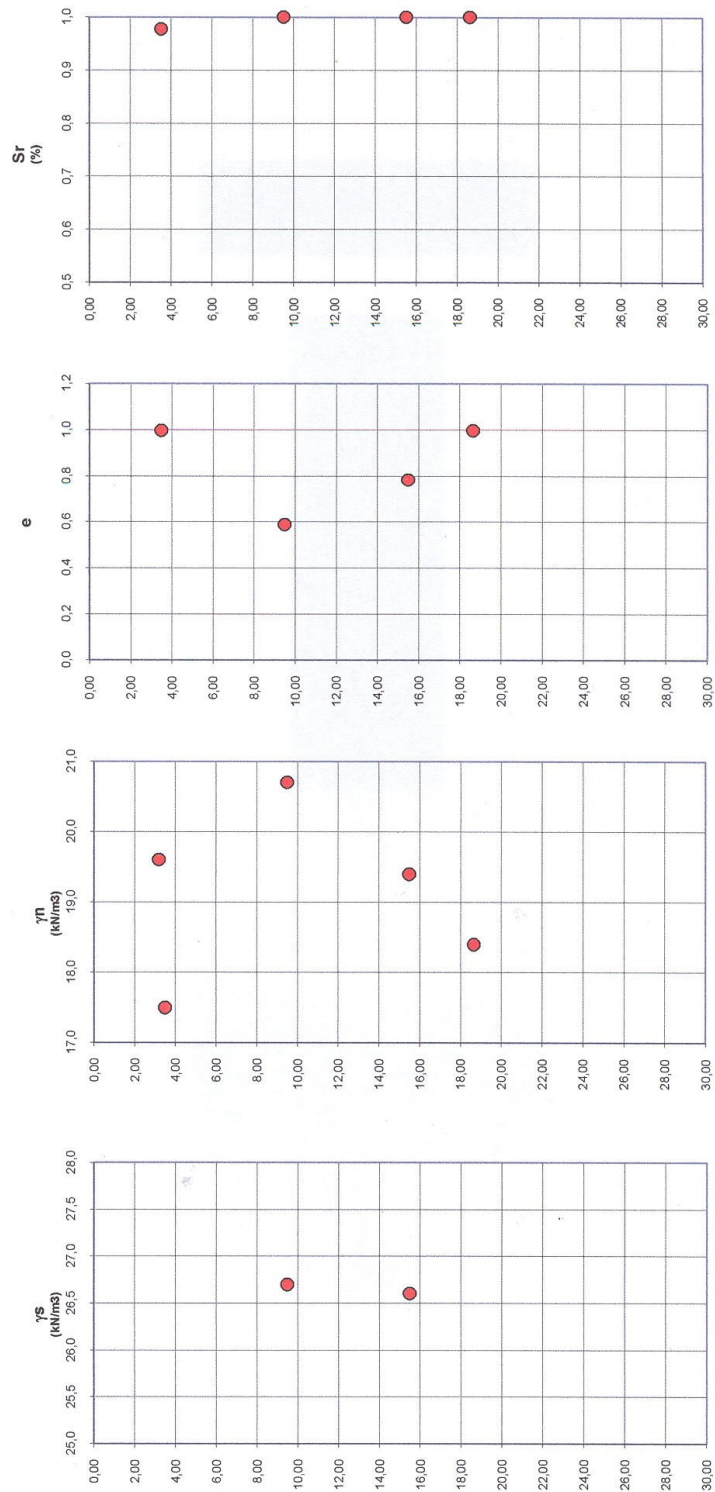
LAVORO: Nuovo Teatro di Nettuno
PROVE DI LABORATORIO
Tutti i terreni



COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

ProveLaboratorio, Grafici, 28/09/2009

LAVORO: Nuovo Teatro di Nettuno
 PROVE DI LABORATORIO
Tutti i terreni

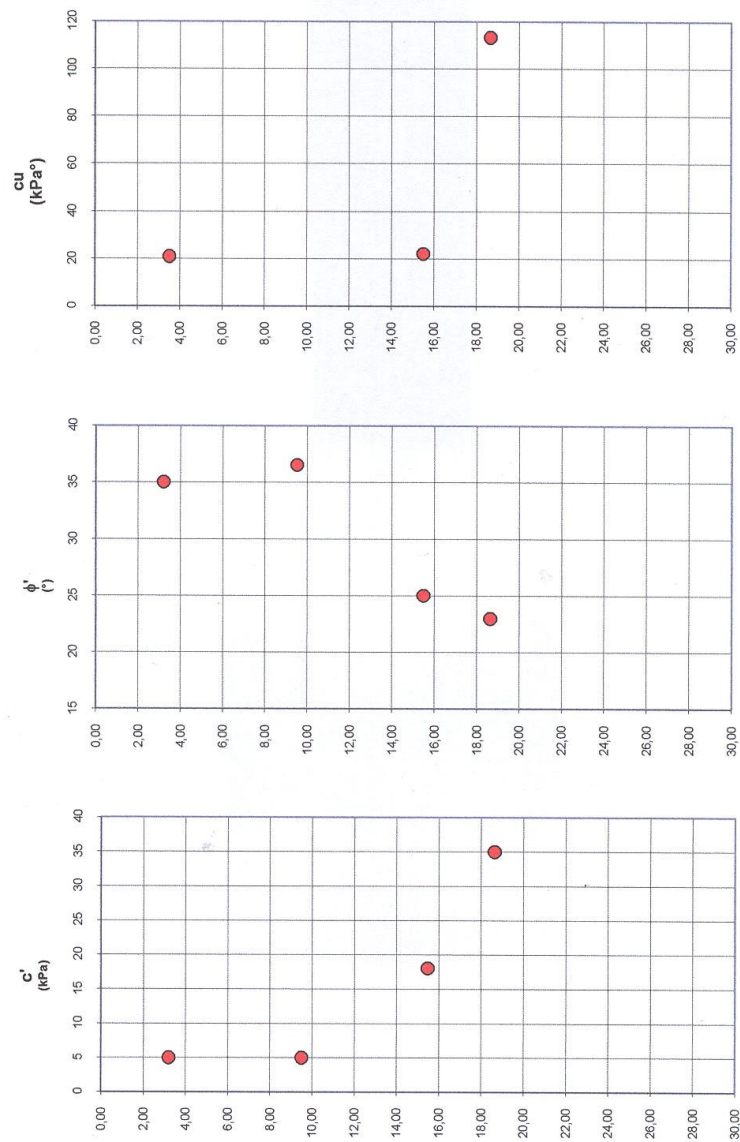


Pagina 2 di 4

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Prove Laboratorio, Grafici, 28/09/2009

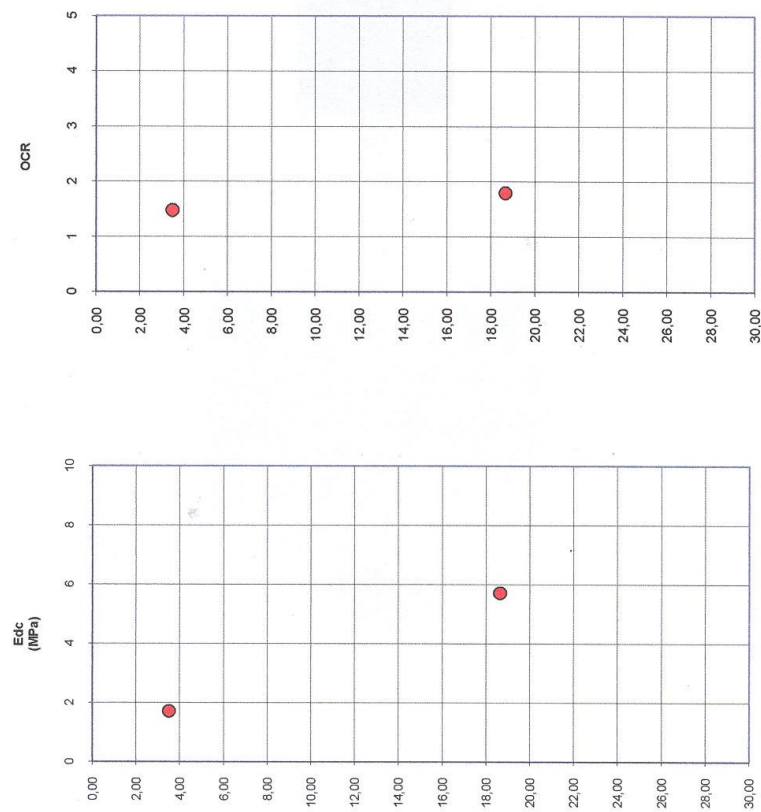
LAVORO: Nuovo Teatro di Nettuno
PROVE DI LABORATORIO
Tutti i terreni



COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geotecnica

Prove Laboratorio, Grafici, 28/09/2009

LAVORO: Nuovo Teatro di Nettuno
PROVE DI LABORATORIO
Tutti i terreni



Pagina 4 di 4