

COMUNE DI NETTUNO (RM)

**REALIZZAZIONE DEL TEATRO
COMUNALE SITO IN LOCALITA'
PONSERICO**

**PROGETTO ESECUTIVO DEI LAVORI DI COMPLETAMENTO
2° LOTTO FUNZIONALE**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

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 Geologica e sismica

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO TETTONICO E IDRO-GEO-MORFOLOGICO	4
2.1 TETTONICA	4
2.2 GEOLOGIA	6
2.3 MORFOLOGIA	10
2.4 IDROGEOLOGIA	15
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE	17
3.1 REGOLAMENTO REGIONALE N. 375 DEL 05/07/2016	17
3.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	19
4. STRATIGRAFIA E IDROGEOLOGIA LOCALE	23
4.1 CARATTERI STRATIGRAFICI LOCALI	23
4.2 CARATTERI IDROGEOLOGICI LOCALI	24
4.3 MODELLO GEOLOGICO	27
5. SISMICITA'	29
5.1 CARATTERI MACROSISMICI DELL' AREA	30
5.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE	39
6. PROBLEMATICHE GEOLOGICHE	51
7. BIBLIOGRAFIA	53
8. STRATIGRAFIE – INDAGINI 2003	54

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

1. PREMESSA

La Relazione Geologica presente sviluppa la revisione e l'adeguamento normativo della Relazione Geologica 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 nel 2009 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 ed idrogeologico generale
- descrizione delle indagini geologiche, geognostiche pregresse ed attuali
- caratteristiche stratigrafiche dei terreni
- sismicità dell'area
- problematiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche emerse

Gli aspetti geotecnici dei terreni saranno descritti nella Relazione Geotecnica.

2. INQUADRAMENTO TETTONICO E IDRO-GEO-MORFOLOGICO

Si descrivono qui di seguito i caratteri tettonici, geologici, geomorfologici e idrogeologici generali dell'area in studio, sulla base di dati di letteratura, di accurati sopralluoghi e di quanto già sviluppato nella Relazione Geologica-Geotecnica del Dott. Geol. Ettore Cuccillato.

2.1 Tettonica

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.

Queste fasi tettoniche si sono sviluppate dal Miocene superiore sino al Pliocene ed al Pleistocene, ove hanno fortemente condizionato l'evolversi del vulcanismo dei Colli Albani.

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). Tale diminuzione della profondità marina è legata alle fasi di sollevamento e costruzione della catena appenninica.

I depositi del Pliocene, sia in facies pelitica che arenacea (Macco), affiorano fra Tor Caldara e Anzio, in corrispondenza di una culminazione anticlinale la quale esprime un alto strutturale fra le depressioni tettoniche di Ardea (a nord) e di Torre Astura (a sud).

La Figura 1 mostra la localizzazione dell'alto strutturale di Anzio e delle zone tettonicamente depresse di Ardea e di Torre Astura; il Comune di Nettuno è localizzata sul margine meridionale dell'alto strutturale di Anzio.

La Figura 2 mostra invece una sezione schematica degli alti (horst) e bassi (graben) strutturali in una sezione parallela alla costa.

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

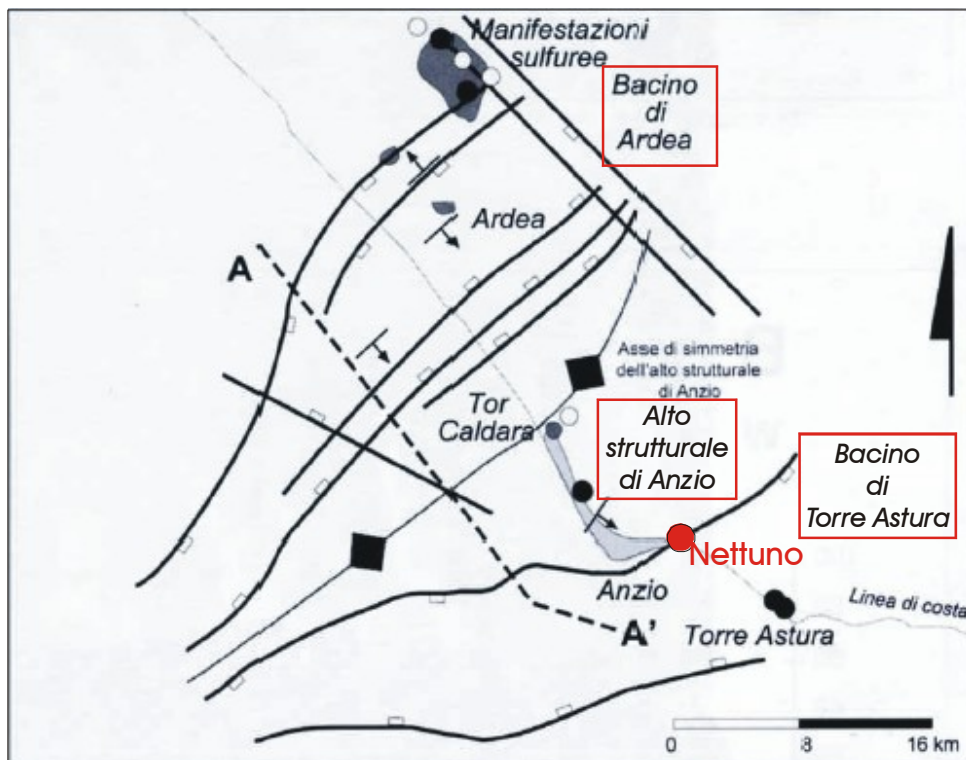


Figura 1 – schema tettonico dell'area con l'indicazione dell'alto strutturale di Anzio e dei bassi strutturali di Ardea e di Torre Astura.



Figura 2 – sezione schematica degli alti (horst) e bassi (graben) strutturali in una sezione parallela alla costa

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

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.

2.2 Geologia

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.

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.

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.

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

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.

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.

Poiché alla data attuale non sono stati ancora editi le cartografie geologiche alla scala 1:50.000 (Foglio 399-Anzio e Foglio 400-Latina) si fa riferimento alla cartografia alla scala 1:100.000.

La Figura 3 mostra uno schema geologico dell'area in esame (stralcio da Foglio Geologico n. 158; 1:100.000), ove si riconoscono le alluvioni dei fossi (**a**), i depositi dunari (**qsm**) e locali affioramenti dei depositi pliocenici del "Macco" (**PI₂₋₃**) .

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



Figura 3 – assetto geologico generale e localizzazione dell'area in esame (Foglio n. 158)

La Figura 4 mostra una sezione geologica trasversale alla valle del Fosso Loricina, con la localizzazione dell'area in studio.

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

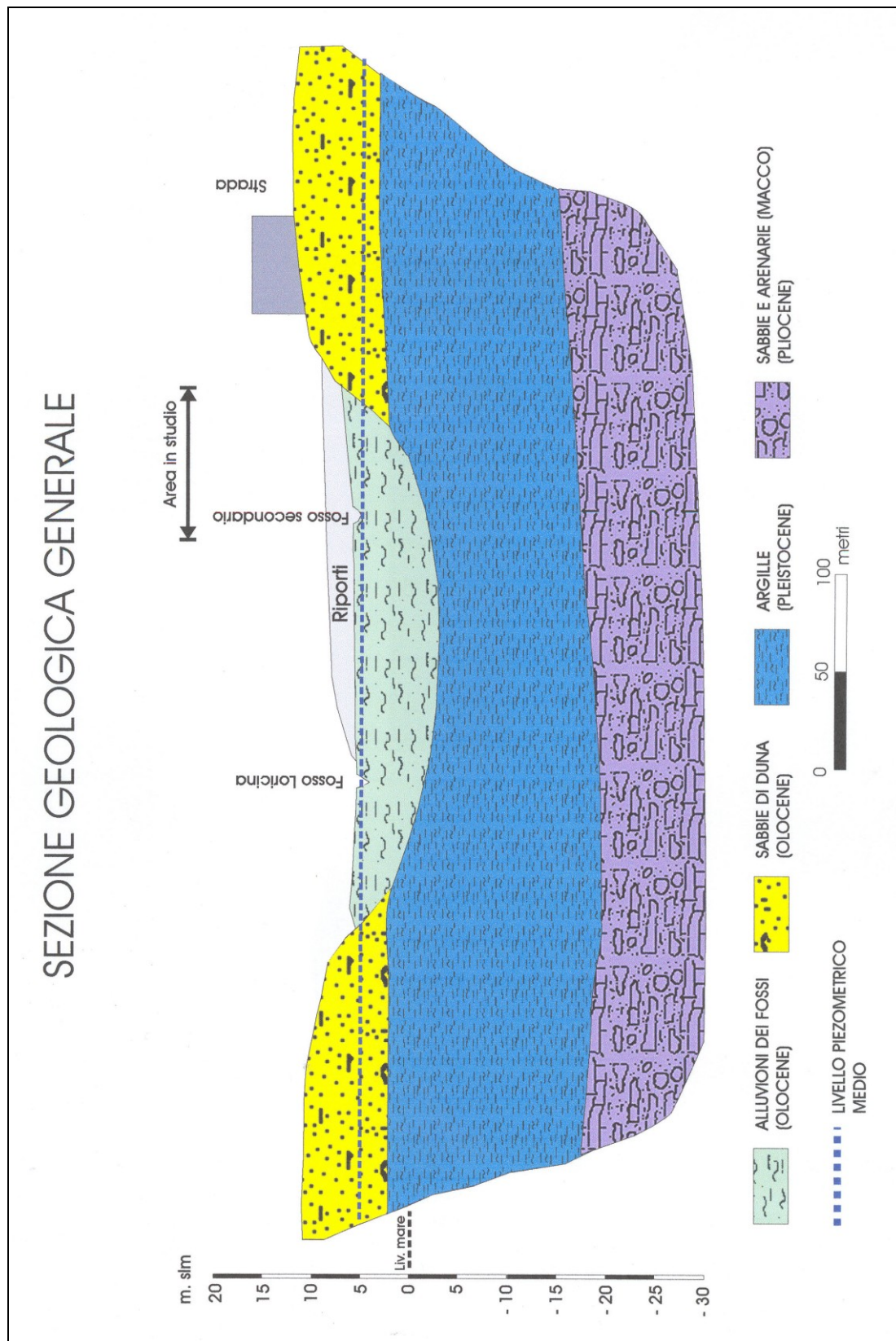


Figura 4– sezione geologica generale

2.3 Morfologia

L'area in esame è localizzata nell'ambito del bacino del Fosso Loricina, in un settore in gran parte urbanizzato (Figura 5).



Figura 5 – localizzazione dell'area in studio nell'ambito del reticolo idrografico

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.

Più precisamente l'area in esame è localizzato in sinistra idrografica del Fosso Loricina ed in corrispondenza ad un fosso secondario che, nel corso delle fasi di urbanizzazione, è stato localmente deviato e attualmente confluisce nel Fosso Loricina più a nord dell'area in esame.

In tale contesto, dal punto di vista morfologico si sottolinea che le modifiche antropiche 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 (FOTO 1, 2, 3).

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

Infatti 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.



FOTO 1 – visuale dell'area in studio



FOTO 2 – fosso secondario immesso nel Fosso Loricina più a nord dell'area in esame

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



*FOTO 3 – visuale del Fosso Loricina; sono visibili i terreni di riporto che raggiungono
l'asta del fosso in sinistra idrografica*

Dal punto di vista delle dinamiche geomorfiche attualmente, nell'area sede del progetto non sussistono particolari indizi di instabilità sia attuali che potenziali. Pur tuttavia 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.

Al momento dell'attuale revisione normativa, come già detto, il teatro nelle sue strutture principali è stato già realizzato nel 2012; la FOTO 4 mostra la situazione attuale dell'area:

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



FOTO 4 – visuale attuale dell'area con il teatro già realizzato nel 2012

Poiché l'area in esame è localizzata nell'ambito del Bacino del fosso Loricina,, al fine di verificare la presenza di aree in dissesto e/o a rischio idrogeologico, si sono esaminati i dati cartografici dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (PAI-Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico), con riferimento alla TAV. 2.07-sud della Carta di Pericolosità e del Rischio Geologico (aggiornamento 12/02/2015).

La Cartografia del PAI non segnala nell'ambito del settore meridionale del Bacino del fosso Loricina e nello specifico nell'area in studio nessun elemento di rischio idrogeologico (Figura 6).

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

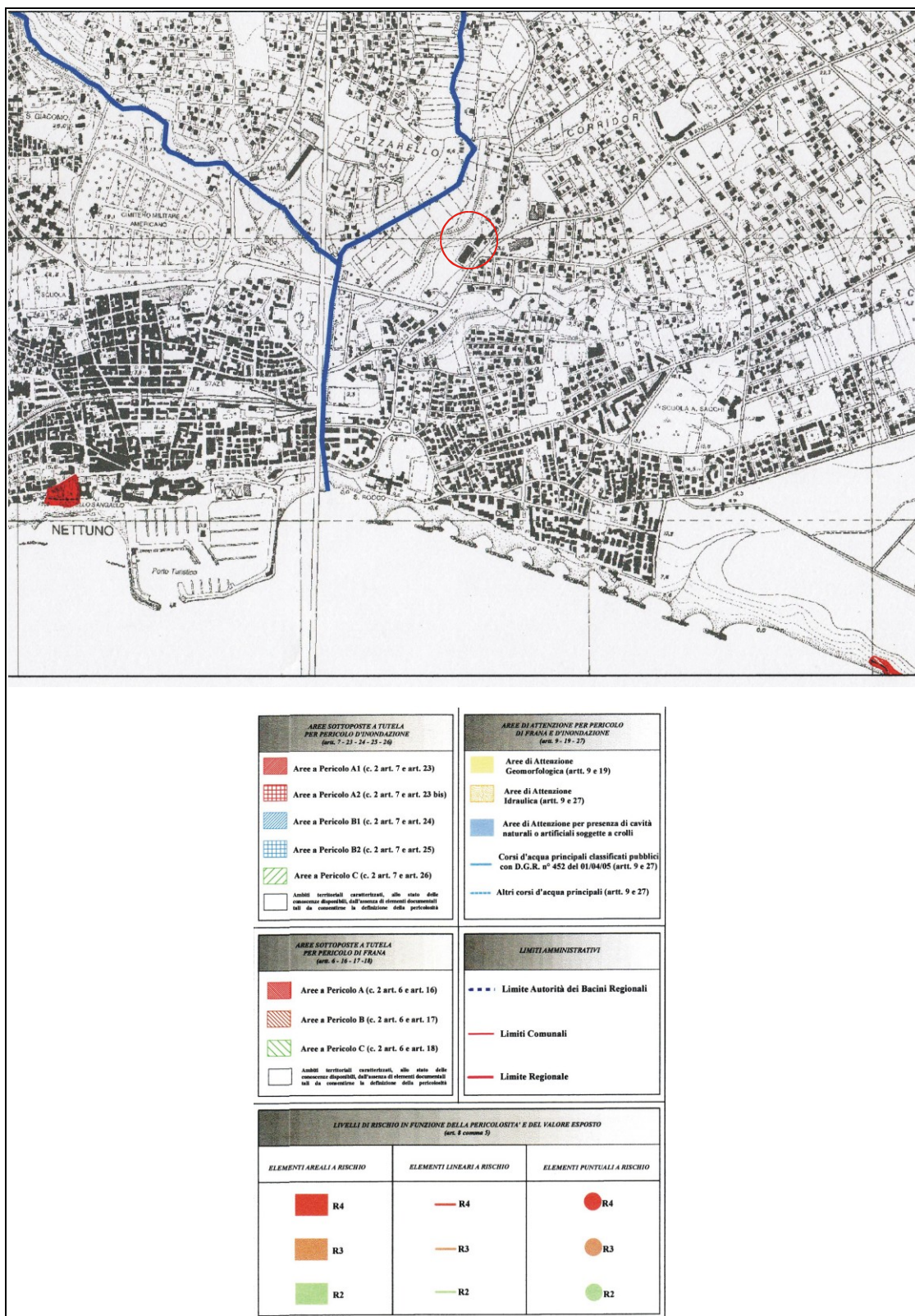


Figura 6 – localizzazione dell'area in esame nell'ambito della Cartografia PAI (Tav. 2.07-sud)

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

2.4 Idrogeologia

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

La Figura 7 mostra uno stralcio della Carta Idrogeologica (Ventriglia, 1990)



Figura 7 – caratteri idrogeologici generali

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

I terreni presentano caratteri di permeabilità diversificate:

- Terreni a permeabilità medio-bassa – Pp^{2-3}

Questi terreni sono rappresentati dalle alluvioni limose-argillose dei corsi d'acqua.

- Terreni a permeabilità media – Pp^2

A questa categoria di permeabilità appartengono i depositi affioranti essenzialmente sabbiosi delle dune

Nel paragrafo 3.1 saranno descritti i caratteri idrogeologici locali in base ai dati stratigrafici rilevati dalle indagini.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 Regolamento Regionale n. 375 del 05/07/2016

Il Regolamento Regionale n. 375 del 5 Luglio 2016 stabilisce alcune norme per la prevenzione del rischio sismico; tale Delibera abroga il precedente Regolamento n 2 del 7/2/2012.

Il Regolamento (Allegato C) individua 3 Livelli di Vulnerabilità dell'Opera (Basso, Medio, Alto) in funzione della zonazione sismica regionale (DGR 387/2009) e della Classe d'Uso del progetto, secondo il seguente schema (Figura 8):

LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA

	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso II; classe d'uso III, escluse le strutture per l'istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso III - strutture per l'istruzione; classe d'uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Figura 8 – Livelli di vulnerabilità dell'opera

Nello schema di cui sopra, le Classi I (da riferire alla sola Asseverazione ed al controllo a sorteggio) e II sono riferite al NTC-2018, mentre le Classi III e IV sono definite, con maggiore articolazione nell'Allegato A del DGR 489/2012.

In base alle norme vigenti ed ai dati progettuali l'opera in oggetto appartiene alla Classe d'Uso II.

In base alla zonazione sismica del Lazio il comune di Nettuno appartiene alla Zona Sismica 3A (Figura 9).

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

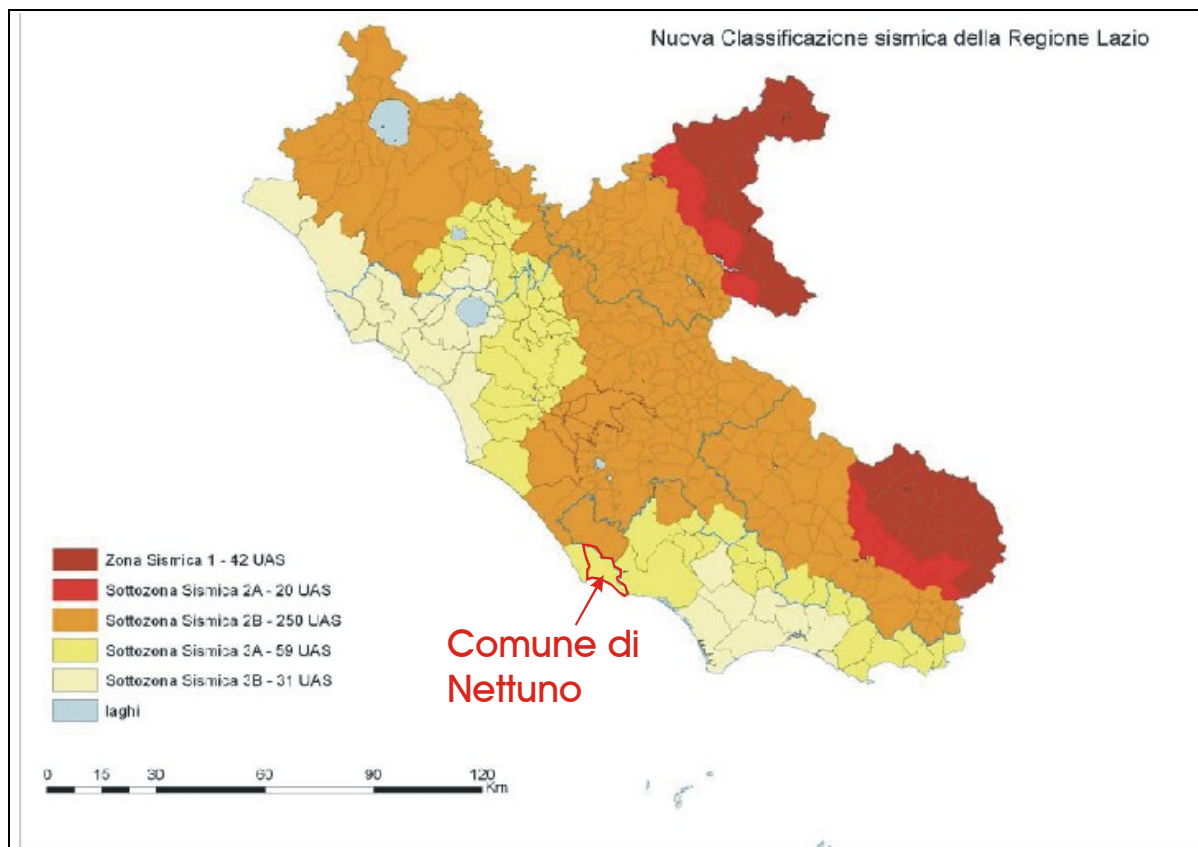


Figura 9 – Classificazione sismica della Regione Lazio

Con riferimento alla Classe d'Uso ed alla Zonazione Sismica del Comune di Nettuno l'opera risulta caratterizzata da Livello di Vulnerabilità Basso.

Con riferimento a ciascun Livello di Vulnerabilità dell'Opera il Regolamento regionale stabilisce un elenco di indagini e prove minime da eseguire per le opere sottoposte a controllo (art. 3) e non sottoposte a controllo (art. 4 comma 5), localizzate sia su terreni e sia su roccia compatta affiorante o entro i primi 3 metri di profondità (Categoria di Sottosuolo A), come qui di seguito esposto: di cui agli Artt. 3 e 6 del presente Regolamento.

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

Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale

Relazione Geologica e sismica

Livello di Vulnerabilità dell'Opera Basso	<p style="text-align: center;">SU TERRENI:</p> <p>Dovranno eseguirsi:</p> <ul style="list-style-type: none">• Almeno 1 prova penetrometrica di tipo statico (CPT, CPTE, CPTU) o dinamico (DPH, DPSH) per una profondità almeno pari al volume significativo, oppure prove di laboratorio per la definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche;• Almeno 1 prova geofisica indiretta (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30}. <p>SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:</p> <p>Dovranno eseguirsi:</p> <ul style="list-style-type: none">• Almeno 1 prova geofisica indiretta (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30}.
---	--

Nel caso in esame, essendosi individuato un Livello di Vulnerabilità dell'Opera Basso le norme prevedono le seguenti indagini minime da eseguire:

1. Almeno una prova penetrometrica di tipo statico, oppure prove di laboratorio
2. Almeno 1 prova sismica indiretta di tipo MASW per la valutazione del v_{s30}

Nel caso in esame si sono eseguite le seguenti indagini geognostiche che risultano esaustive e superiori alle indagini minime di norma.

- n. 2 sondaggi geognostici a 30 m con esecuzione di prove penetrometriche SPT ed installazione di piezometri (Indagine 2003)
- n. 1 sondaggio geognostico con esecuzione di prove penetrometriche SPT e prelievo di campioni indisturbati e disturbati per prove di laboratorio
- n. 1 prova sismica in foro tipo Dow-Hole

3.2 Indagini geognostiche

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

COMUNE DI NETTUNO (RM)
Nuovo Teatro Comunale – località Ponserico
Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale
Relazione Geologica e 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 del presente rapporto.

- 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).

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:

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

NUMERO (Prof.)	TIPO	LITOLOGIA
CI-1 (3,00-3,50)	Campione indisturbato	Limo argilloso grigio-scuro – organico, poco consistente
CD-1 (7,50-7,60)	Campione disturbato	Sabbie limose
CI-2 (9,00-9,50)	Campione indisturbato	Sabbia limosa marrone
CI-3 (15,0-15,50)	Campione indisturbato	Argilla limosa grigiastra
CI-4 (18,0-18,65)	Campione indisturbato	Argilla limosa grigiastra
CD-2 (17,00)	Campione da SPT a punta aperta	Argilla limosa grigiastra
CD-3 (28,00)	Campione disturbato	Spezzone di carota - arenaria

Il sondaggio geognostico è stato eseguito dalla Soc. SOTEC srl, di Anzio.

Indagine geofisica – sismica in foro Down-Hole

Nel presente Progetto Esecutivo 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 Sottosuolo 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 saranno discussi nel Cap. 4.

Le stratigrafie ed i risultati dell'indagine sismica Down-Hole (indagine 2009) sono allegati in un volume a parte.

L'ubicazione di tutte le indagini utilizzate è mostrata in Figura 10.

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

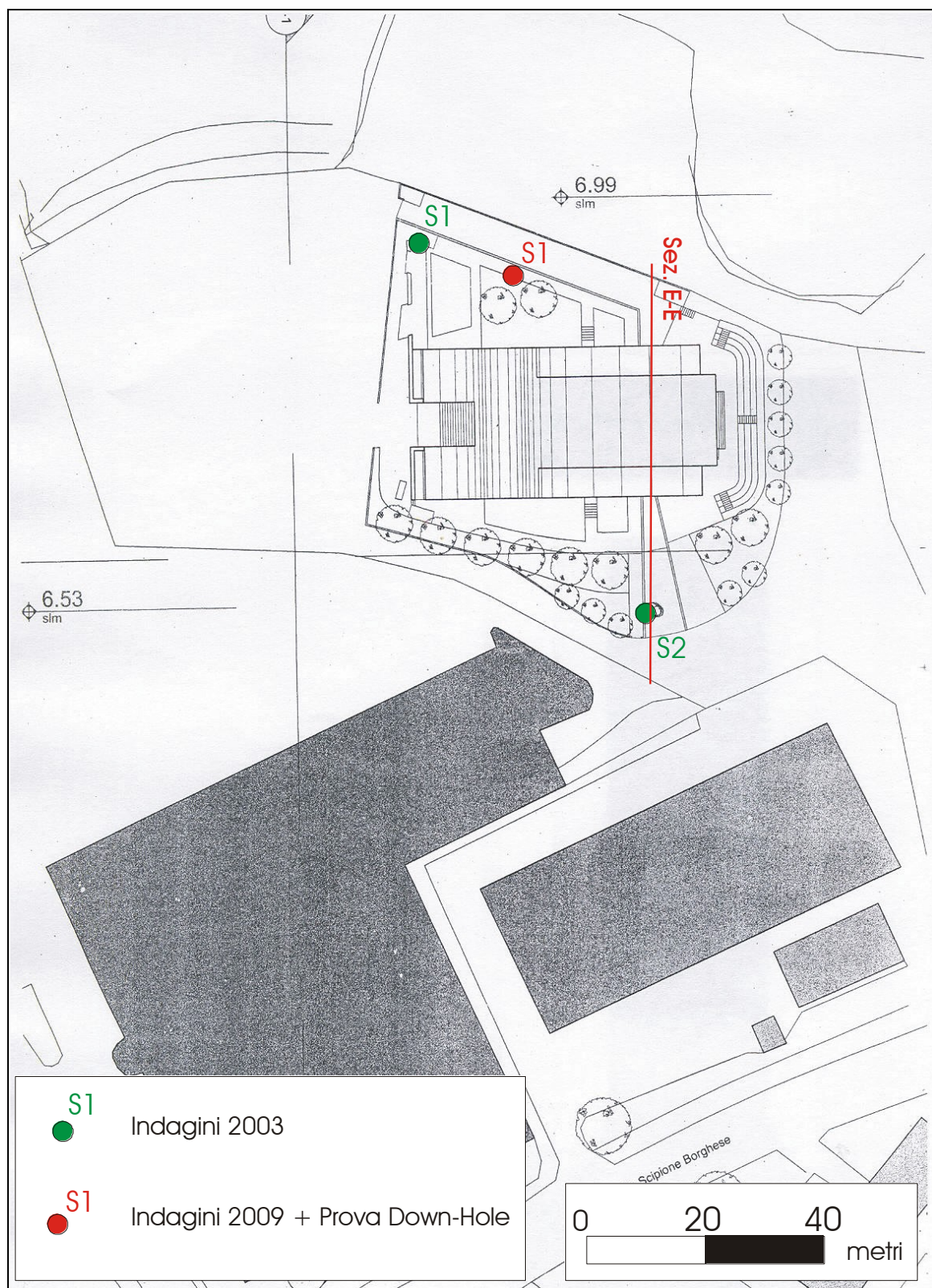


Figura 10 – ubicazione indagini geognostiche pregresse ed attuali

4. STRATIGRAFIA E IDROGEOLOGIA LOCALE

Si descrivono qui di seguito i caratteri litostratigrafici ed idrogeologici locali emersi dalle indagini geognostiche

4.1 Caratteri stratigrafici locali

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)

Si descrivono qui di seguito le varie unità litologiche individuate

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 un fosso affluente al Fosso Loricina ed hanno attualmente raggiunto l'asta del Fosso Loricina Stesso.

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; dalla colorazione e dalla granulometria appaiono legati a scavi di terreni piroclastici misti a sabbie di duna presenti nelle aree circostanti.

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 e caratterizzati da una bassa consistenza e/o addensamento.

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

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.

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).

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.

4.2 Caratteri idrogeologici locali

Sulla base della successione stratigrafica locale si individua una circolazione idrica all'interno dei depositi alluvionali di fondovalle 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 Geologica e sismica

La Figura 8 mostra una sezione stratigrafica, trasversale alla valle, corrispondente alla sez. EE di progetto (vedi traccia in Fig. 11).

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

Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale

Relazione Geologica e sismica

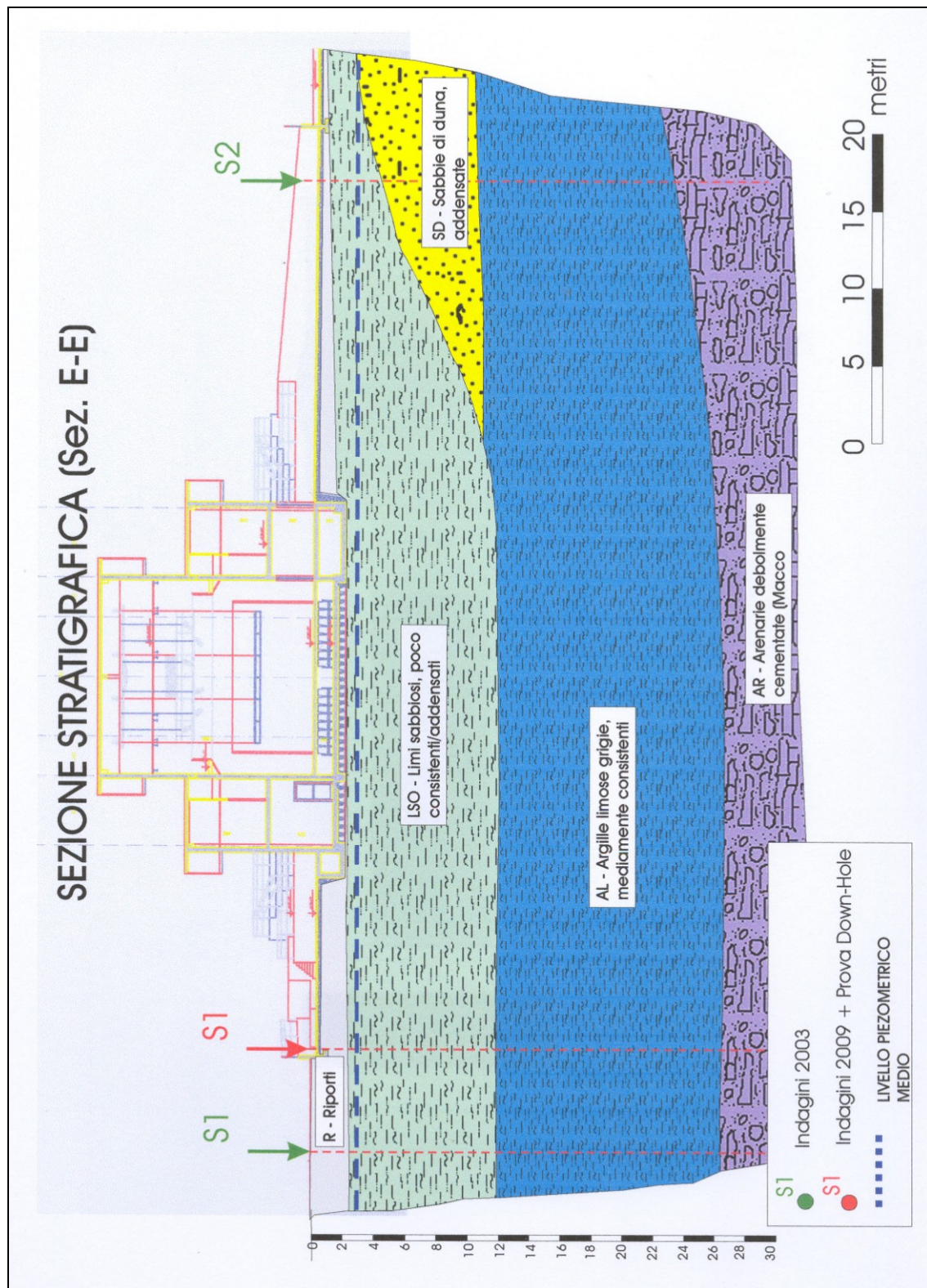


Figura 11 – sezione stratigrafica (Sez. E-E)

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

4.3 Modello Geologico

In base alla successione geologico-stratigrafica precedentemente descritta, la Figura 12 mostra il modello geologico 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 Geologica e sismica

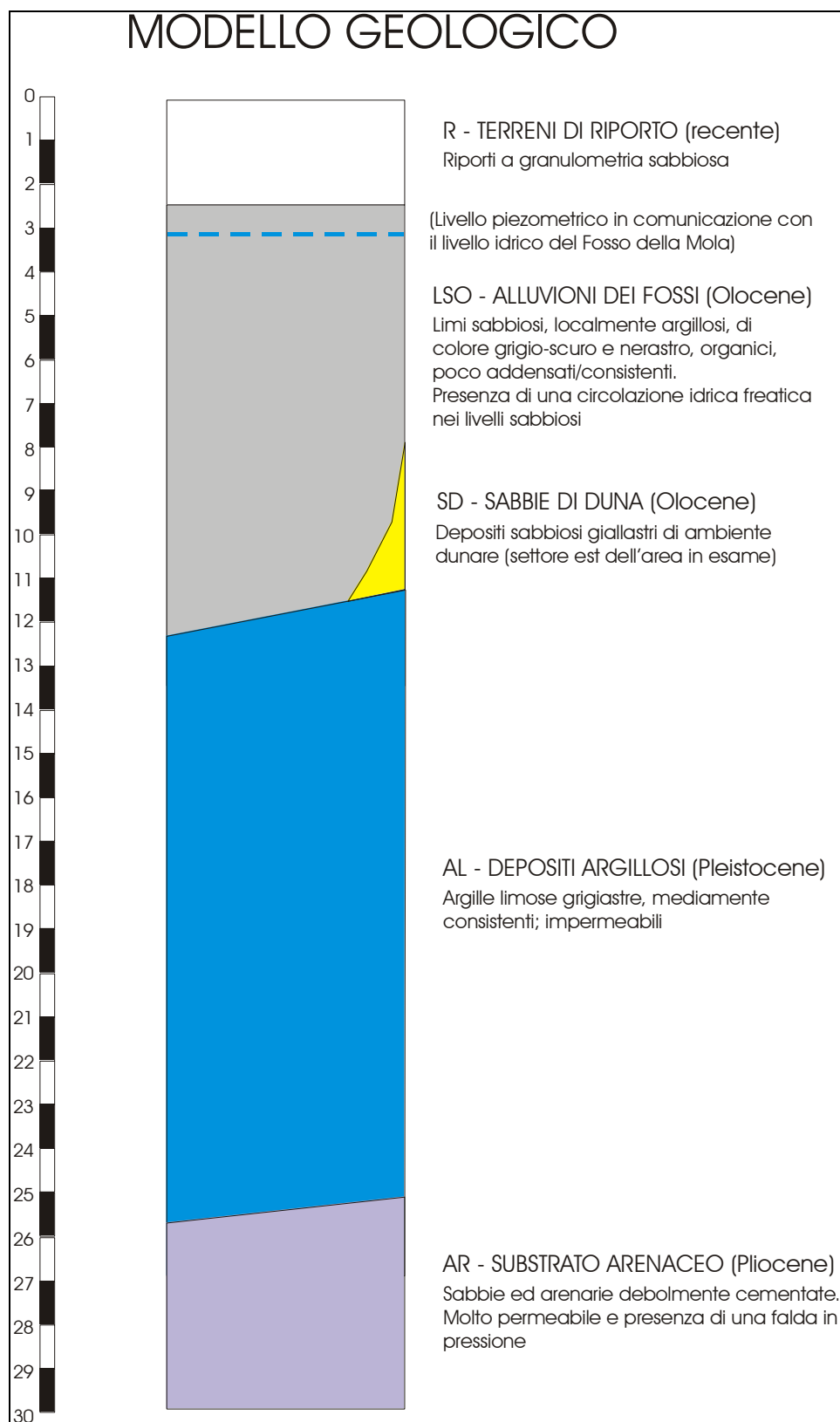


Figura 12 – modello geologico

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

5. SISMICITA'

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.

Per quanto riguarda la definizione dei parametri di amplificazione sismica, l'analisi sarà sviluppata secondo le modalità presenti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018 – 17/1/2018 e Circolare del 21/01/2019) e pertanto i parametri sismici saranno esplicitati attraverso i valori di $a(g)$, F_0 , TC^* , che permettono di definire lo spettro di risposta su suolo rigido e 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:

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

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

5.1 Caratteri macrosismici dell'area

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).

La sismicità del Comune di Nettuno è legata alla presenza di zone sismogenetiche di origine vulcanica riferibile all' area dei Colli Albani ed alle zone sismogenetiche di elevata sismicità dei settori interni appenninici (Figura 13); in tale figura (progetto DISS.2 dell'Istituto Nazionale di Fisica

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

e Vulcanologia, 2002) si nota che nell'area ove è localizzato il Comune di Nettuno non sono presenti zone sismogenetiche significative, ma, per motivi tettonici e geostrutturali si può ipotizzare un marginale coinvolgimento con l'area sismogenetica dei Colli Albani (vedi oltre).

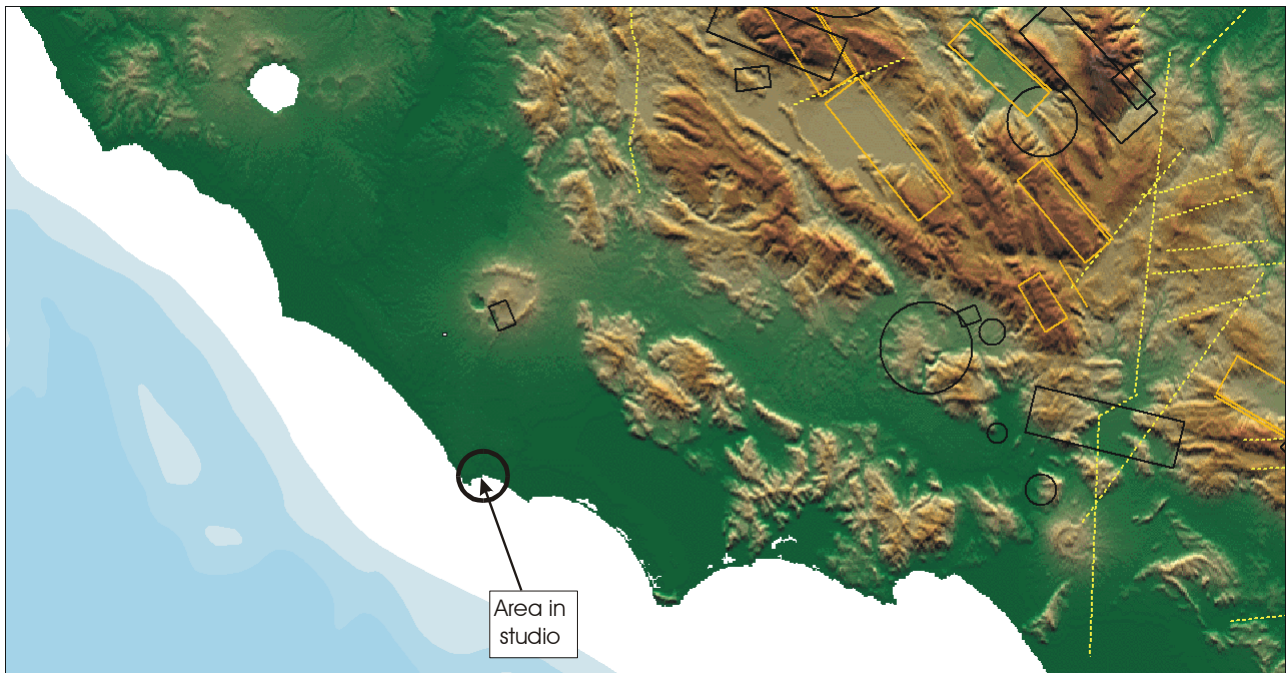


Figura 13 – Localizzazione delle zone sismogenetiche nel settore appenninico centrale e nell'area peritirrenica (catalogo CPTI)

Nella Figura 14 sono mostrati gli epicentri dei terremoti (catalogo sismico CPTI).

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

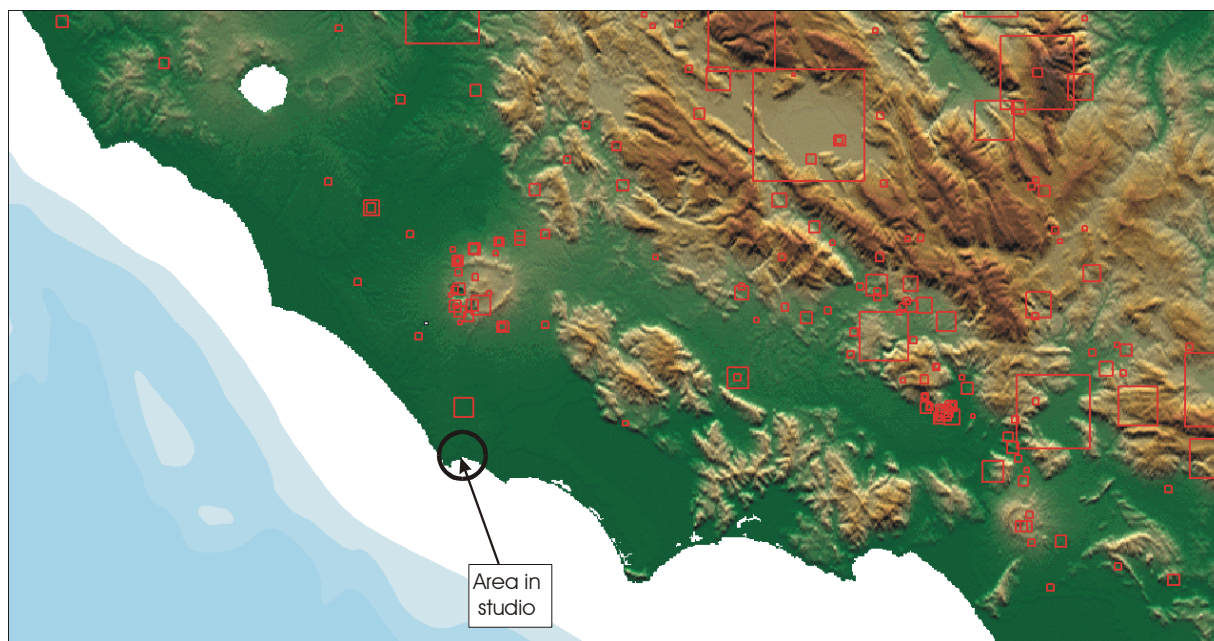


Figura 14 – Localizzazione dei terremoti nel settore appenninico centrale (catalogo CPTI)

Nella Figura 14 si evidenzia un epicentro poco a nord dell'abitato di Nettuno (Terremoto di Anzio del 1919), con magnitudo $M_w = 5,5$ e risentimento nell'area urbana di intensità macrosismica $I_s = 7$; tale evento, che rappresenta la massima intensità storica del comune, conferma la vicinanza e/o la marginale appartenenza alla zona sismogenetica dei Colli Albani.

Un'ulteriore verifica dei caratteri macrosismici dell'area può essere ricercata in un recente lavoro del GNDT (2004) che suddivide l'Italia in Zone Sismogenetiche (ZS9), basate su dati geologico-strutturali, tettonici e della sismicità storica; si fa qui riferimento alla zonazione ZS9 che ha rivisto la precedente edizione ZS4 (1999) (Figura 15).

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

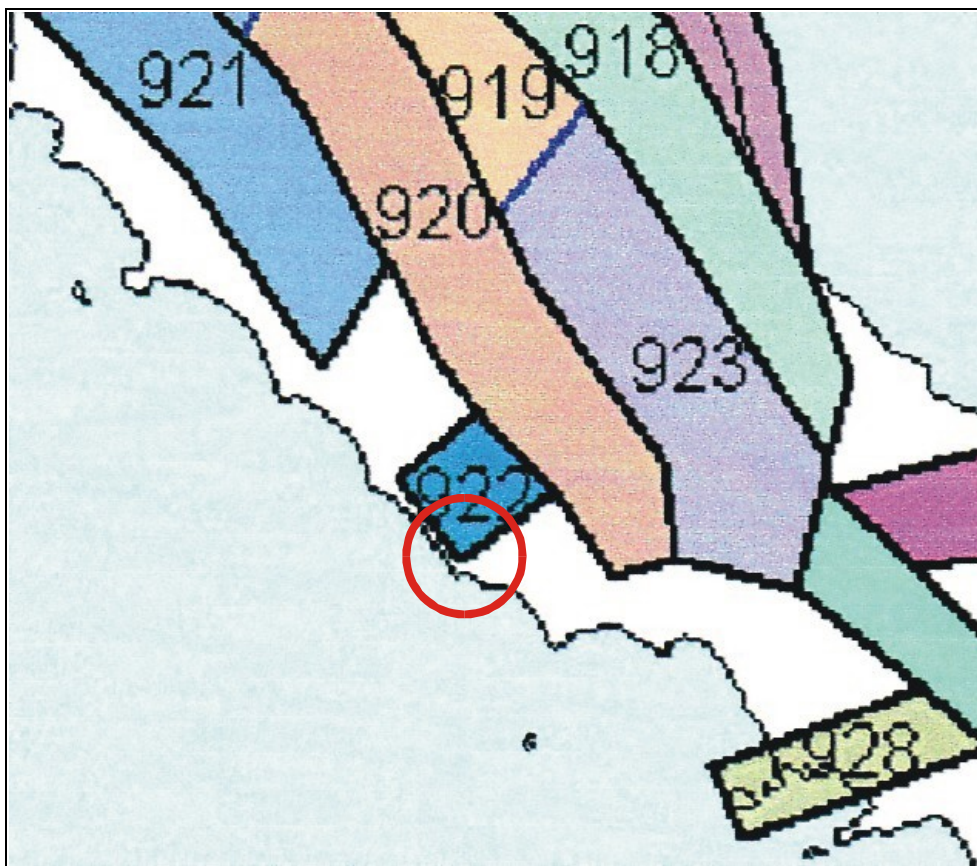


Figura 15 – Zone sismogenetiche ZS9 (GNDT, 2004)

Da tale suddivisione risulta che l'area in studio è interessata direttamente e/o indirettamente dalla zona ZS 922 (legata all'attività del Vulcano Albano) e subordinatamente dalla zona ZS 920 (legata all'attività sismica della catena appenninica); tali zone sono caratterizzate dai seguenti meccanismi focali, caratteri sismogenetici e Magnitudo massime attese:

- **Zona 920** - Zone legate allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale. Meccanismi attesi: prevalente dip-slip con assi T SW-NE nella fascia assiale appenninica. Magnitudo max attesa = 6,14;
- **Zona 922** - Zone legate ad elevati flussi di calore di aree vulcaniche. Magnitudo max attesa = 5,45.

Le suddette magnitudo attese sono relative alle massime magnitudo segnalate e non fanno riferimento a specifici tempi di ritorno.

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

Si mostra qui di seguito in forma tabellare e grafica la storia sismica del Comune di Nettuno con le Intensità Macrosismiche risentite nel comune (Is) ed i riferimenti alle Intensità Epicentrali (Ix) dei terremoti di origine (Catalogo sismico CPTI04, INGV).

Storia sismica di Nettuno (RM) [41.459, 12.663]
Osservazioni disponibili: 12

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
7	1919	10	22	06	10		ANZIO	7	5.53
5	1806	08	26	07	35		Colli Albani	7-8	5.47
5	1899	07	19	13	18	54	Colli Albani	7	5.18
5	1915	01	13	06	52		AVEZZANO	11	6.99
4	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6.89
3-4	1895	11	01				CASTELPORZIANO	6	4.83
3	1829	06	01	09			Colli Albani	7	5.17
2	1898	06	27	23	38		RIETI	7-8	5.48
NF	1901	04	24	14	20		MONTELIBRETTI	7-8	5.15
NF	1971	02	06	18	09		TUSCANIA	7-8	4.90
NF	1972	11	26	16	03		MONTEFORTINO	7-8	5.34
NF	1990	05	05	07	21	17	POTENTINO	7	5.84

Per il Comune di Nettuno si evidenziano pertanto risentimenti locali dell'ordine di Intensità Is = 4-6 MCS (Mercalli-Cancani-Seaberg) riferibili prevalentemente ai terremoti di origine appenninica i quali hanno raggiunto magnitudo epicentrali fino a Mw = 6-7; le magnitudo relative all'area sismogenetica del Colli Albani sono intorno a Mw = 5; tali dati sono coerenti con i caratteri macrosismici sopra discussi.

Si segnala comunque il massimo terremoto segnalati e riferito ad un sisma con epicentro poco a nord di Nettuno (Terremoto di Anzio) del 22 Ottobre 1919 con Magnitudo di 5,33 e risentimento locale Is = 7.

Utilizzando la metodologia di Cornell sui suddetti dati della sismicità storica si stima il seguente rapporto fra magnitudo epicentrale (Mw) e frequenza annuale λ dei terremoti (Figura 16):

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

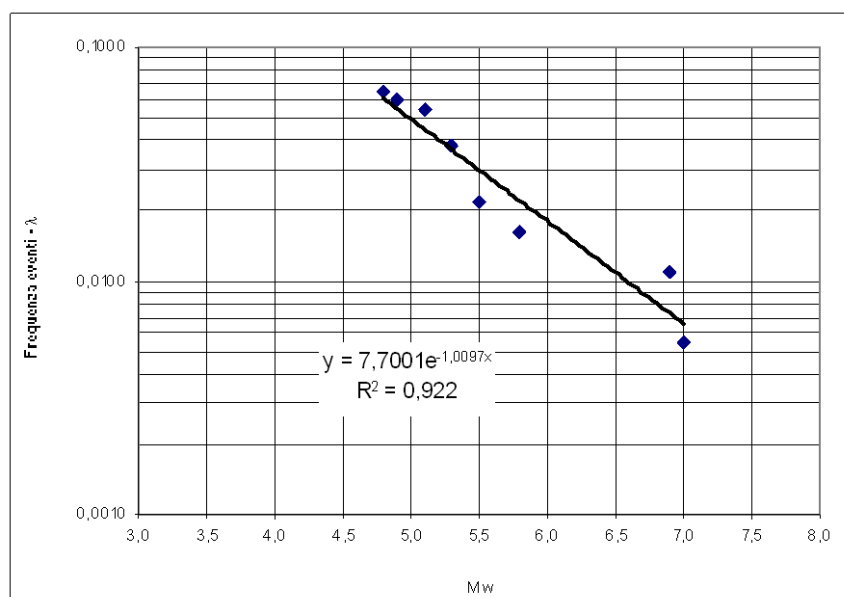


Figura 16 – Legame Magnitudo epicentrale Mw e frequenza dei sismi
(Cornell, su dati della sismicità storica del catalogo CPTI04)

Per il Comune di Nettuno, dalle Banche Dati della Protezione Civile (CDROM – Microzonazione Sismica - Conferenza delle Regioni e Province Autonome, 2008) si ricavano, da elaborazioni di disaggregazione, i seguenti valori medi e modali di Magnitudo attesa (Mw) e di distanza epicentrale (R).

CodIstat	Comune	DentroVicino	Mw media	R Media (Km)	Mw moda	R Moda (Km)
12058072	Nettuno	D	5,25	45	4,75	15

In base al contesto sismogenetico regionale i valori medi dovrebbero essere relativi ad epicentri appenninici, mentre quelli modali (più frequenti) dovrebbero essere legati all'area sismogenetica dei Colli Albani.

Sempre dai dati della Protezione Civile si riportano i seguenti valori di accelerazione attesa in funzione dei vari Tempi di Ritorno (Figura 17).

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

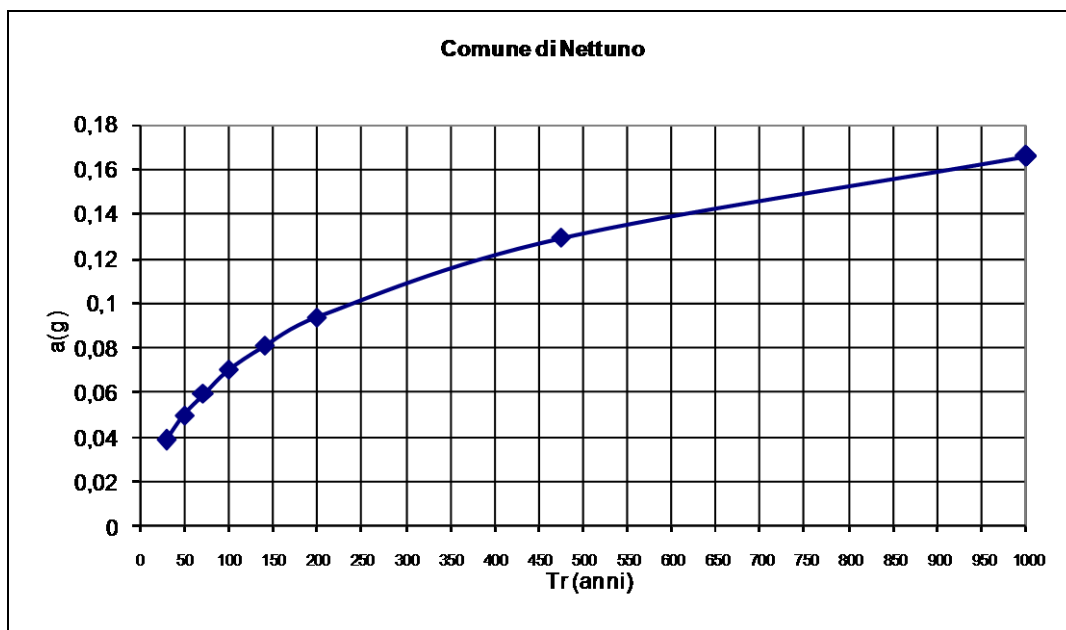


Figura 17 – Legame delle accelerazioni con Tempi di ritorno T_r per il Comune di Nettuno (Banche Dati della Protezione Civile – Microzonazione Sismica - Conferenza delle Regioni e Province Autonome, 2008))

Si riportano qui di seguito anche i valori dell'intensità spettrale di Housner (1952) che rappresenta un efficace indice sintetico e rappresenta l'area sottesa dallo spettro di risposta di velocità nell'intervallo di periodi fra 0,1 e 2,5 secondi (Figura 18).

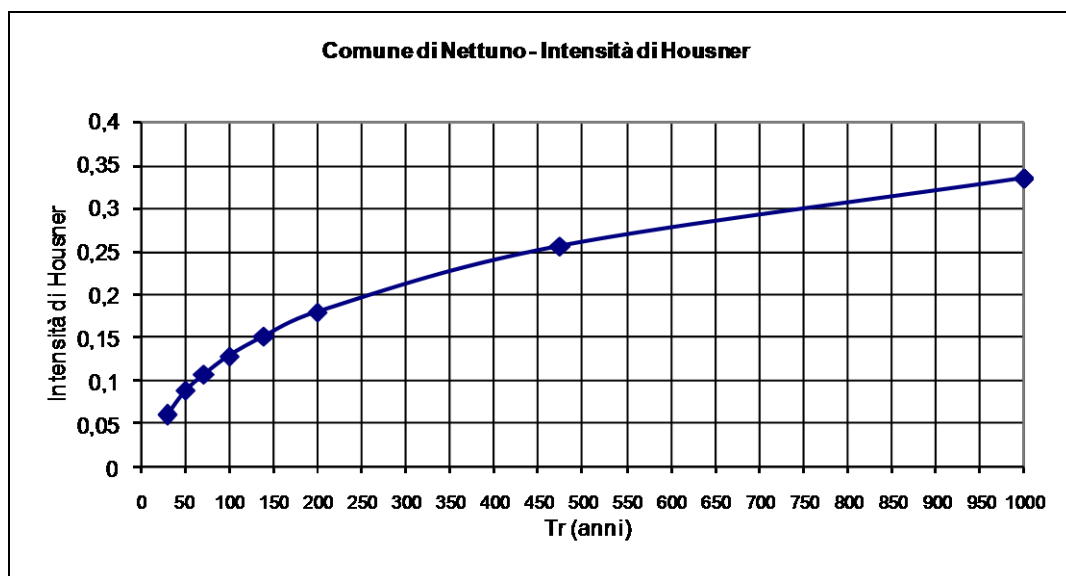


Figura 18 – Valori dell'Intensità di Housner versus Tempi di Ritorno T_r per il Comune di Nettuno (Banche Dati della Protezione Civile – Microzonazione Sismica - Conferenza delle Regioni e Province Autonome, 2008)

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

In sintesi per il Comune di Nettuno, si hanno i seguenti valori dei parametri macrosismici.

FONTE			
Zone sismogenetiche (ZS9)	920	Max Magnitudo attesa	6,14
	922	Max Magnitudo attesa	5,45
INGV - Catalogo CPTI04	n. risentimenti		12
	Max Mw		6,99
	Max Io (epicentrale)		11
	Max Is (risentimento)		4
Protezione Civile – Conferenza delle Regioni e province Autonome, 2008	Strutture sismogenetiche		esterne
	Max Mw per Tr = 475 anni (valore modale)		4,75
	Distanza dall'area sismogenetica (valore modale) (Km)		15
	Accelerazione (per Tr = 75)		0,06
	Intensità di Housner (per Tr = 75)		0,12
Strutture sismogenetiche	Vicinanza all'area sismogenetica dei Colli Albani; massime magnitudo dalle zone sismogenetiche appenniniche più distanti		

Alla data della redazione del presente rapporto, il Comune di Nettuno risulta si sia dotato di uno studio di Microzonazione Sismica di livello 1 con Determina di Validazione d n. A05876 del 17/07/2013.

La Figura 19 mostra uno stralcio della Tavola 01 del suddetto studio, dal quale emerge che l'area in esame è localizzata nella Zona SA3, caratterizzata dalla presenza di *depositi limo-argillosi su sabbie marine e litorali*.

La Zona SA3 è soggetta soltanto ad amplificazioni sismiche locali, con assenza di zone suscettibili di instabilità (Figura 19).

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

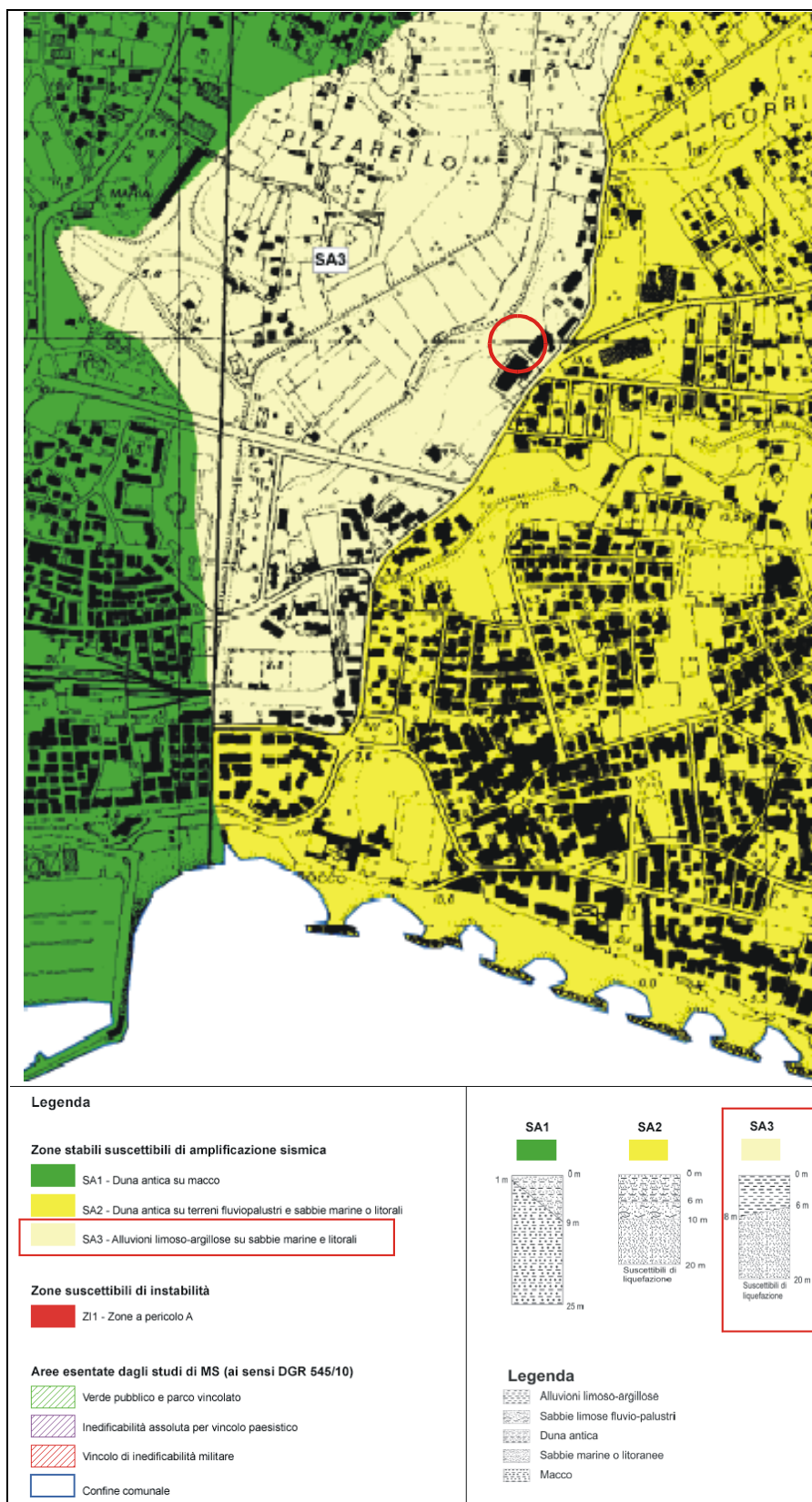


Figura 19 – Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Nettuno (stralcio della TAV. 01)

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

5.2 Risposta sismica locale

I dati sopra riportati sono di carattere macrosismico e/o validi per l'intero territorio comunale, mentre particolare rilevanza hanno i parametri geologici, geomorfologici ed idrogeologici che determinano la pericolosità sismica locale (amplificazione sismica, liquefazione dei terreni, ecc.).

In questa sede le condizioni sismiche locali dell'area in esame sono verificate secondo quanto previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) emanato il 17/1/2018, che prevede sostanzialmente l'individuazione dei seguenti elementi relativi alla risposta sismica locale:

- A) Valutazione dei parametri sismici (**a(g)**, **F₀**, **TC***) su suolo rigido;
- B) Valutazione del fattore di amplificazione stratigrafica (**S_s**);
- C) Valutazione del fattore di amplificazione topografico (**S_T**);
- D) Valutazione del rischio di liquefazione dei terreni

A) valutazione delle accelerazioni (su suolo rigido – Categoria di Sottosuolo A)

Il Nuovo Testo Unico delle Costruzione (NTC-2018) impone che l'accelerazione orizzontale massima (**a_g**) e gli altri parametri che permettono di definire lo spettro di risposta (**F₀**, **TC***) siano definiti in base a diversi Tempi di Ritorno (**T_R**) del sisma legato a diverse probabilità di superamento (**PVR%**).

Inoltre l'allegato A di tali Norme prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base di analisi probabilistiche di pericolosità sismica con riferimento ad un reticolo di nodi (INGV – Progetto S1, 2004-2006) caratterizzati da definiti parametri (**a(g)**, **F₀**, **TC***).

Nel caso in esame l'area del nuovo Teatro Comunale è individuata dalle seguenti coordinate:

	LONGITUDINE (°)	LATITUDINE (°)
Area del nuovo teatro comunale	12,670924	41,464846

L'area in esame è localizzata all'interno dei seguenti nodi con relative coordinate:

NODO	LONGITUDINE (°)	LATITUDINE (°)
30290	12,6228	41,4816
30291	12,6895	41,4821
30512	12,6234	41,4316
30513	12,6901	41,4821

La Figura 20 mostra la localizzazione del sito e dei nodi di riferimento.

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

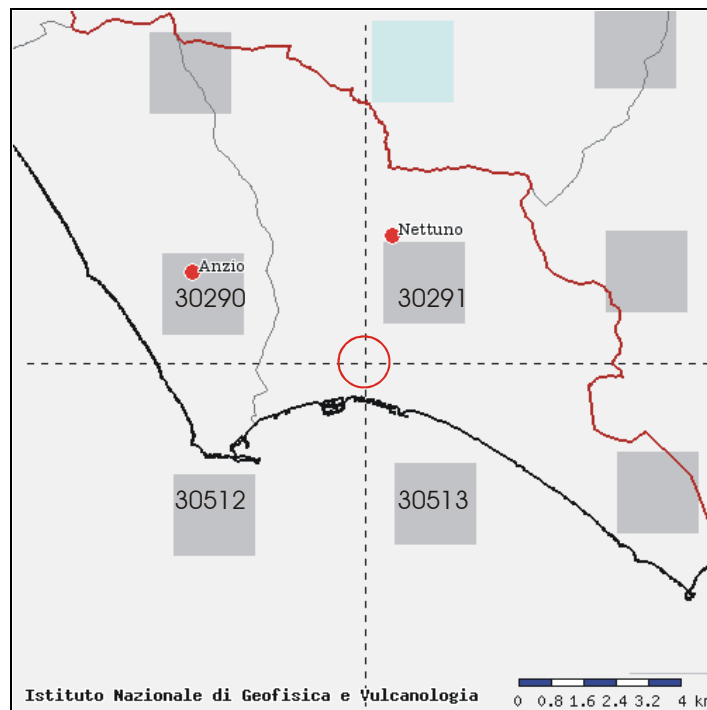


Figura 20: localizzazione del sito e dei nodi di riferimento

Con riferimento ai 4 nodi, da analisi di disaggregazione dei valori di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni, si ricava che l'area è soggetta a terremoti di Magnitudo variabile da 5,07 a 5,23 con epicentro distante da 46 a 61 Km (area appenninica); tali valori sono coerenti con i dati macrosismici.

I parametri sismici del sito ($a(g)$, F_o , TC^*) sono definiti attraverso l'interpolazione pesata con l'inverso della distanza tra il sito ed i 4 nodi di riferimento. In base ai valori di Vita Nominale, Classe d'Uso si ottengono i Tempi di Ritorno $T_r = 45, 75, 712$ anni e ciò richiede anche una interpolazione temporale dei dati del NTC-18

Per l'area in esame dal calcolo si individuano i seguenti parametri sismici per vari Tempi di Ritorno T_R :

		PARAMETRI - NODO SITO		
λ	T_r	$a(g)$	F_o	TC^*
freq. ann. di sup.	(anni)	g/10	-	(sec)
0,0333	30	0,0342	2,4941	0,2277
0,0222	45	0,0399	2,5296	0,2597
0,02	50	0,0414	2,5385	0,2683

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

0,0139	72	0,0476	2,5359	0,2800
0,0133	75	0,0484	2,5382	0,2814
0,0099	101	0,0539	2,5527	0,2900
0,0071	140	0,0602	2,5827	0,2942
0,005	201	0,0678	2,6174	0,3042
0,0021	475	0,0884	2,6849	0,3223
0,0014	712	0,0995	2,7008	0,3272
0,001	975	0,1091	2,7134	0,3311
0,0007	1462	0,1219	2,7240	0,3372
0,0004	2475	0,1408	2,7378	0,3453

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)	Fo	TC*
Stati Limite di Esercizio	SLO	81	45	0,03987	2,52956	0,25968
	SLD	63	75	0,04842	2,53823	0,28136
Stati Limite Ultimi	SLV	10	712	0,09953	2,70085	0,32721
	SLC	5	1462	0,12192	2,72396	0,33718

I valori di accelerazione sono congruenti con i dati macrosismici precedentemente analizzati.

Si allegano qui di seguito i tabulati di calcolo ed alcune elaborazioni dai dati del NTC-18 (Figg.21, 22, 23).

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

Progetto Esecutivo – Lavori di completamento – 2° Lotto Funzionale

Relazione Geologica e sismica

NTC-2018

Interpolazione da nodi del reticolo

COMUNE NETTUNO (RM)

CLASSE 3A

OPERA: Nuovo Teatro Comunale

NODI ADIACENTI DEL RETICOLO				
	NODO1	NODO2	NODO3	NODO4
ID NODO	30290	30291	30512	30513
LONG (°)	12,6228	12,6895	12,6234	12,6901
LAT (°)	41,4816	41,4821	41,4316	41,4321

Tr (anni)	NODO 1: 30290			NODO 2: 30291			NODO 3: 30512			NODO 4: 30513		
	ag g/10	Fo -	Tc* (sec)	ag g/10	Fo -	Tc* (sec)	ag g/10	Fo -	Tc* (sec)	ag g/10	Fo -	Tc* (sec)
30	0,0349	2,5	0,22	0,0358	2,5	0,24	0,0319	2,48	0,22	0,0326	2,49	0,22
50	0,0432	2,55	0,27	0,0437	2,52	0,27	0,0381	2,55	0,26	0,0389	2,55	0,27
72	0,0496	2,53	0,28	0,0507	2,53	0,28	0,0433	2,55	0,28	0,0443	2,54	0,28
101	0,0564	2,54	0,29	0,0575	2,54	0,29	0,0489	2,57	0,29	0,0498	2,57	0,29
140	0,0633	2,57	0,29	0,0646	2,57	0,29	0,0544	2,6	0,3	0,0552	2,6	0,3
201	0,072	2,6	0,3	0,0732	2,59	0,3	0,0604	2,65	0,31	0,0614	2,65	0,31
475	0,0953	2,65	0,31	0,0965	2,65	0,32	0,0778	2,72	0,33	0,0781	2,74	0,33
975	0,1197	2,67	0,32	0,1205	2,67	0,32	0,0941	2,76	0,34	0,0941	2,78	0,35
2475	0,1585	2,66	0,33	0,1578	2,67	0,33	0,1179	2,81	0,36	0,1171	2,85	0,37

COORDINATE DEL SITO

	UTM (da CTR)	GEOGRAFICHE			TRASF. PER NODI
	(m)	(°)	(')	(")	(X,xxxxx")
LONG					12,670924
LAT					41,464846

NODO SITO	
LONG (°)	12,6709
LAT (°)	41,4648
Distanza da NODO1 - Km	3,690
Distanza da NODO2 - Km	1,836
Distanza da NODO3 - Km	4,200
Distanza da NODO4 - Km	2,748

PARAMETRI - NODO SITO

λ	Tr	a(g)	Fo	TC*
freq. ann. di sup.	(anni)	g/10	-	(sec)
0,0333	30	0,0342	2,4941	0,2277
0,0222	45	0,0399	2,5296	0,2597
0,02	50	0,0414	2,5385	0,2683
0,0139	72	0,0476	2,5359	0,2800
0,0133	75	0,0484	2,5382	0,2814
0,0099	101	0,0539	2,5527	0,2900
0,0071	140	0,0602	2,5827	0,2942
0,005	201	0,0678	2,6174	0,3042
0,0021	475	0,0884	2,6849	0,3223
0,0014	712	0,0995	2,7008	0,3272
0,001	975	0,1091	2,7134	0,3311
0,0007	1462	0,1219	2,7240	0,3372
0,0004	2475	0,1408	2,7378	0,3453

DATI VITA OPERA

VITA NOMINALE - Vn	50	anni
CLASSE D'USO	III	
COEFFICIENTE DI CLASSE D'USO - Cu	1,5	
PERIODO DI RIFERIMENTO - Vr	75	anni
PROBABILITA' DI SUPERAMENTO - PVR	63	%
TEMPO DI RITORNO SISMA - Tr	75	anni

STATO LIMITE		PVR (%)	TR (anni)	a(g)	Fo	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

Figura 21: tabulato di calcolo dei parametri sismici del sito (NTC-18 – suolo rigido – tipo A)

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

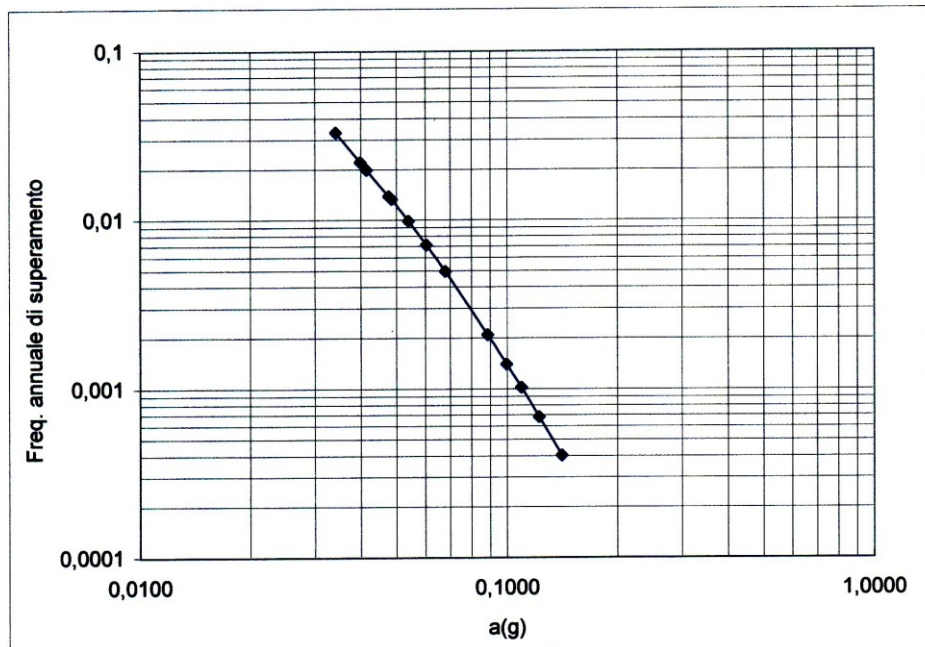
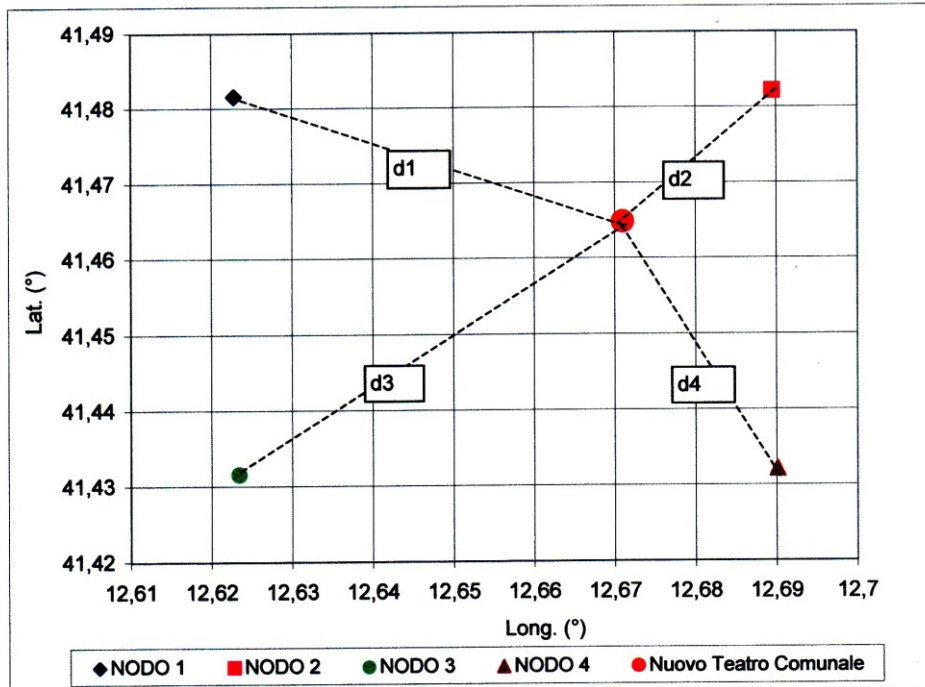


Figura 22: localizzazione del sito rispetto ai nodi e grafico a(g)-frequenza dei terremoti (NTC-08– suolo rigido – tipo A)

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

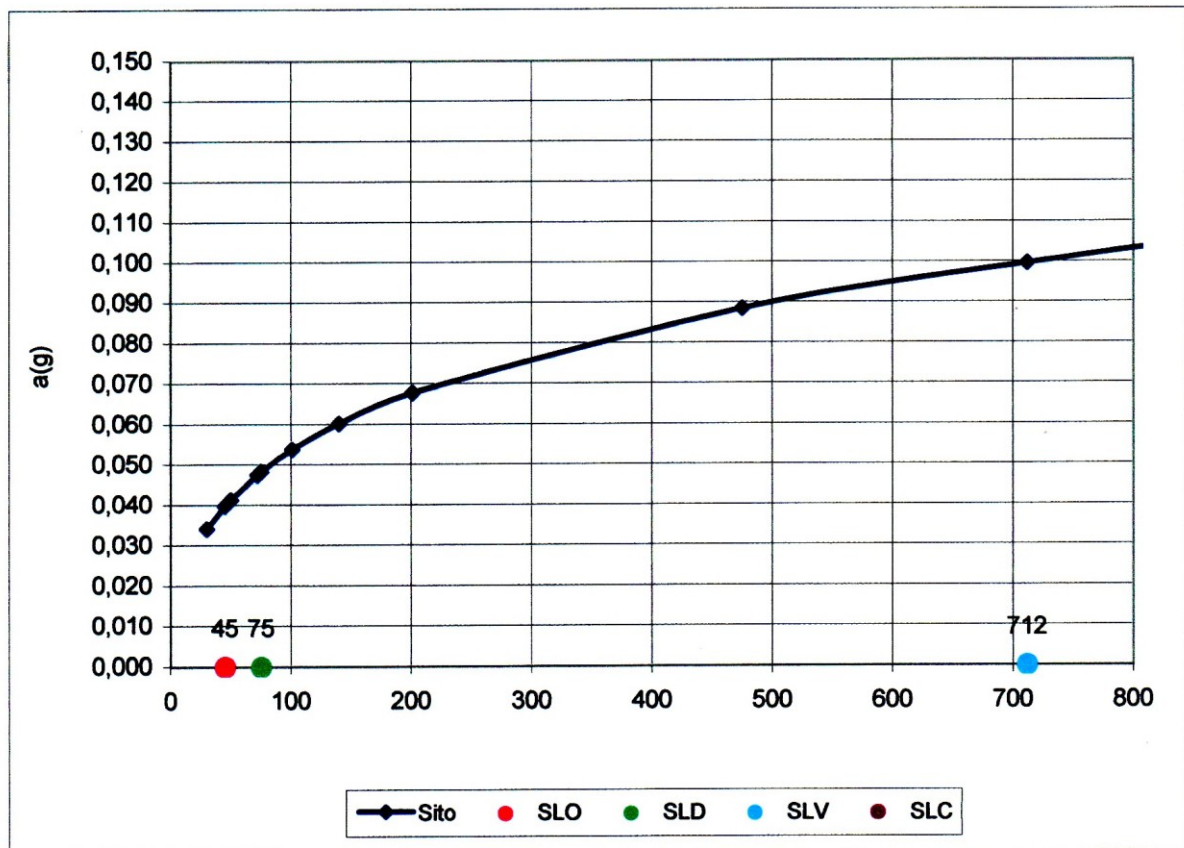


Figura 23: grafico $a(g)$ -Tempi di Ritorno per varie strategie progettuali
(NTC-18– suolo rigido – tipo A)

B) Amplificazione Stratigrafica

Per la valutazione dell'amplificazione stratigrafica le nuove norme sismiche suddividono i diversi terreni in 5 Categorie di Sottosuolo, in relazione alla risposta sismica locale, come qui di seguito riportato:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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> , caratterizzati da un

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

	miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Non essendo presente un bed-rock rigido con $V_s > 800$ m/sec entro i primi 30 m, si valuta il valore V_{s30} .

In relazione alla prova sismica Down-Hole si ricavano le seguenti velocità delle onde di taglio V_s per i diversi strati:

Strato	Litotipo	Velocità V_s [m/s]
1	R - Riporti	111
2	LSO - Limi sabbiosi	179
3	AL - Argille grigie - pleistocene	578
4	AR – Arenarie (Macco)	251
	VS30	268.5

Per quanto riguarda la Categoria di Sottosuolo nel caso in esame, il valore ricavato dalla prova sismica in foro Down-Hole è di **$V_{s30} = 268.5$ m/sec**, individuando pertanto una **Categoria di Sottosuolo C**.

L'andamento con la profondità delle onde P e S è mostrato nella Figura 24.

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

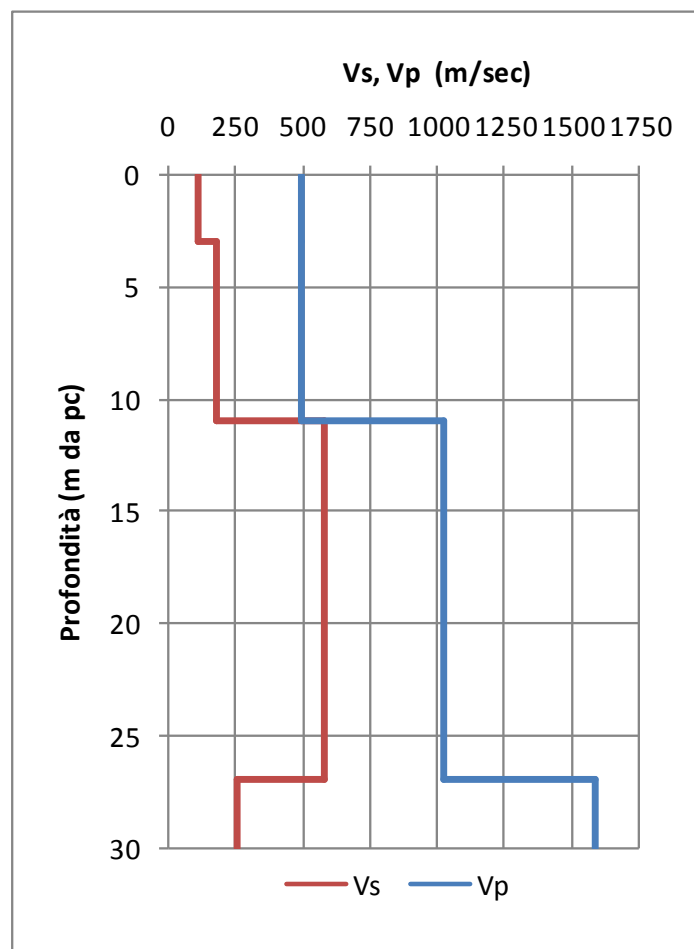


Figura 24: Andamento delle onde Vs e Vp con la profondità

Il basso valore di Vs nel substrato arenaceo pliocenico è dovuto alla alterazione e fatturazione del substrato, interessato soltanto nei 2-3 metri del tetto della formazione stessa.

Nel NTC 2018, con riferimento alla Categoria di Sottosuolo C, il **fattore stratigrafico S_s** viene valutato attraverso la seguente relazione valida per Categoria di Sottosuolo C.

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

C) Amplificazione Topografica

In base alla situazione topografica le norme vigenti individuano 4 condizioni con relativi valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T:

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

CATEGORIA TOPOGRAFICA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA - S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i < 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione $i > 30^\circ$	1,4

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

oooooooo

Nell'ambito del NTC-18 il **Coefficiente S** che misura l'amplificazione locale relativa alla Categoria di Sottosuolo (S_s) e delle Condizioni Topografiche (S_T) viene valutato con la seguente relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

Le verifiche sismiche sulle strutture del teatro in progetto verranno implementate utilizzando i suddetti valori di S_s e S_T .

D) Liquefazione dei terreni

Per quanto riguarda il **rischio di liquefazione** dei terreni in condizioni sismiche, questo può in teoria verificarsi soltanto nei livelli sabbiosi-limosi in falda dei depositi olocenici del fosso presenti in vari livelli 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.

Una prima verifica del rischio di liquefazione, in accordo con le norme NTC-2018, può essere svolta analizzando l'andamento granulometrico dei depositi sabbiosi-limosi delle alluvioni del fosso Loricina con riferimento a due fusi granulometrici con elevato o limitato rischio (Nishiyama, 1977).

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

Utilizzando due fusi granulometrici di tali terreni, a varie profondità e con minor contenuto limoso-argilloso, si ottiene un pur limitato rischio di liquefazione nella curva granulometrica a –3,5 m dal p.c. (Figura 25).

Tale rischio è limitato anche perché litotipi sabbioso-fini poco o nulla limosi sono presenti soltanto in livelli e strati decimetrici e/o pluridecimetrici.

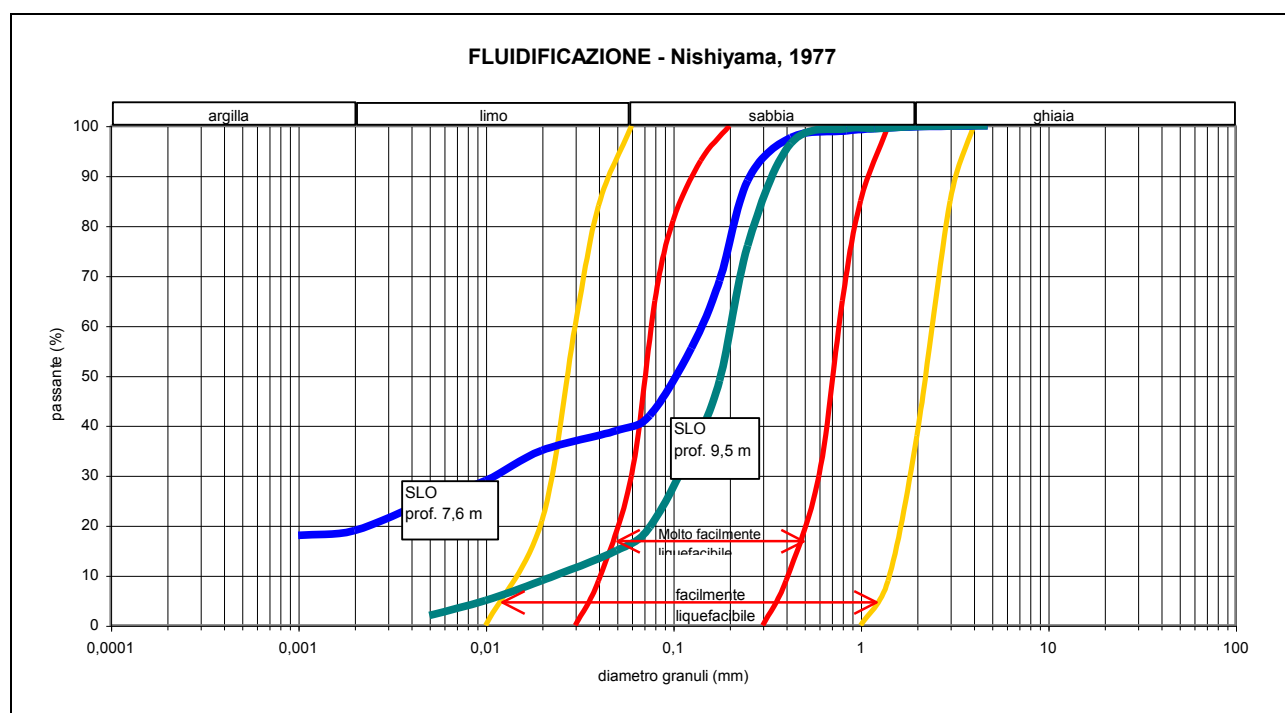


Figura 25: verifica empirica del rischio di liquefazione

Visto il suddetto risultato, una verifica più rigorosa e geotecnicamente attendibile può essere fatta utilizzando i valori penetrometrici all'interno dei depositi sabbioso-limosi del fosso ed implementando il modello di verifica di Tokimatsu e Yoshimi (1983).

Si utilizzano due valori penetrometrici eseguiti alle profondità di 3 e 8 metri dal piano campagna. Questo metodo, che è consigliato nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica – CNR (1984), si basa sulla determinazione di 2 quantità:

- il fattore di resistenza (R)
- il fattore di liquefazione (L)

Il parametro R viene valutato sulla base della seguente relazione:

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

$$R = a \cdot Cr \cdot \left[\frac{16 \cdot \sqrt{N_1 + \Delta N_f}}{100} + \left(\frac{16 \cdot \sqrt{N_1 + \Delta N_f}}{C_s} \right)^n \right]$$

dove: $a = 0,45$
 $Cr = 0,57$
 $n = 14$
 $C_s = 75$
 $\Delta N_f = 0$ (per sabbie pulite)
 $\Delta N_f = 5$ (per sabbie limose)
 $N_1 = \left[\frac{1.7}{\sigma' + 0.7} \right] N_{spt}$

La quantità σ_v' è espressa in Kg/cmq.

Il parametro L è dato dalla seguente relazione:

$$L = \frac{a_{\max} \cdot \sigma}{g \cdot \sigma} \cdot r_d \cdot r_n = C \cdot \frac{\sigma}{\sigma} \cdot r_d \cdot r_n$$

dove: a_{\max} è l'accelerazione massima al suolo (cm/sec²)
 g è l'accelerazione di gravità (980 cm/sec²)
 σ_v' è la pressione verticale efficace (Kg/cm²)
 σ_v è la pressione verticale totale (Kg/cm²)
 r_d è un fattore di riduzione per tener conto della deformabilità del terreno
 $(r_d = 1 - 0.015 \cdot Z; \text{ con } Z \text{ uguale alla profondità in metri dello strato considerato})$
 r_n è un fattore legato alla magnitudo; $r_n = 0.1 (M-1)$

L'indice di Liquefazione (F) è dato dal seguente rapporto:

$$F = \frac{R}{L}$$

Il terreno o lo strato interessato non è liquefacibile se $F > 1.5$.

Dall'analisi si evince l'assenza del rischio di liquefazione ($F > 1,5$); tale risultato viene inoltre confermato implementando il modello di Seed e Idriss (1982).

Si allega qui di seguito il tabulato di calcolo (Figura 26) prodotto da software di propria produzione.

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



STUDIO GEOLOGICO TECNICO

Maurizio Lanzini - geologo

Committente: Comune di Nettuno

Riferimento: Verifica liquefazione terreni

Località: Ponserico (Nettuno)

Opera: Nuovo Teatro di Nettuno

POTENZIALITA' ALLA FLUIDIFICAZIONE
METODO DI TOKIMATSU E YOSHIMI (1983)

Intensità sismica (I₀): **4**
 Magnitudo (M): **3,7**

Coefficiente di intensità sismica (PFG-CNR): **0,15**
 Accelerazione al suolo (a) [cm²/sec]: **147,0**

Profondità m	Densità g/cm ³	D 50 mm	N spt colpi	Potenz. Fluidif.	Descrizione
0,00 + 5,00	1,80	0,1500	9	SI	Sabbie limose
5,00 + 11,00	1,80	0,1200	10	SI	Sabbie limose

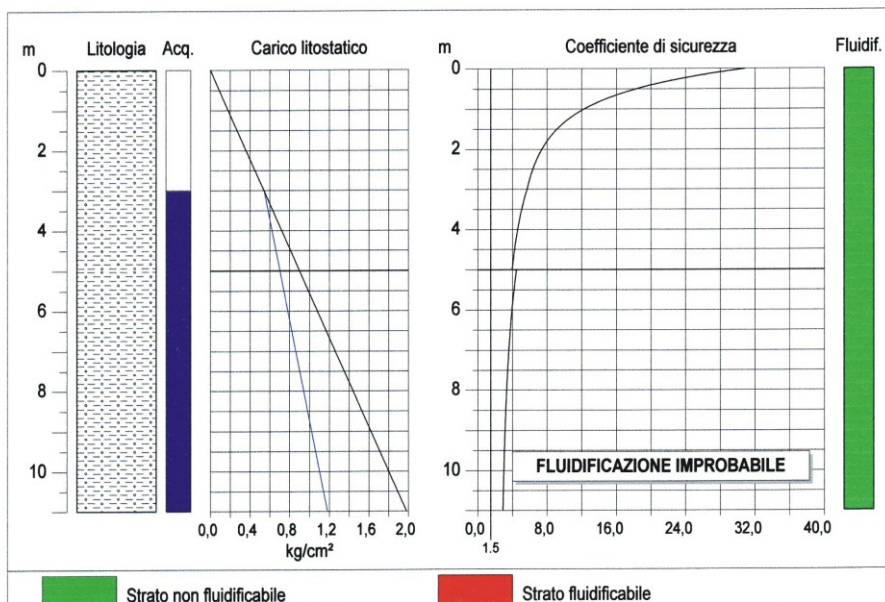


Figura 26: verifica semplificata del rischio di liquefazione

6. PROBLEMATICHE GEOLOGICHE

Si riportano qui di seguito integralmente le considerazioni finali della Relazione Geologica 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'area sede del nuovo Teatro del Comune di Nettuno è priva di dinamiche geomorfiche significative e nel contempo la realizzazione dell'opera non determina variazioni geomorfologiche e morfodinamiche locali.

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 con livelli limo-argillosi, sature (si individua un livello piezometrico a 2,3-3,0 m dal p.c.).

L'area ha subito recentemente modifiche morfologiche con la messa in posto di riporti con spessori variabili da 2 a 4 metri; 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, sovrapposti ad un substrato arenaceo poco cementato con livelli sabbiosi concrezionati (Macco).

In tale contesto, dal punto di vista geologico, stratigrafico 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 sotterranea e modificazioni locali dei gradienti idrici. Si sottolinea che nel corso della realizzazione dei pali si dovrà tener conto che nel substrato arenaceo è presente una falda in pressione.

Dal punto di vista delle dinamiche geomorfiche attualmente, nell'area sede del progetto non sussistono particolari indizi di instabilità sia attuali che potenziali. Pur tuttavia 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

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

locali smottamenti sulla scarpata, senza interessare l'area sede del progetto, distante circa 100 metri dal torrente stesso.

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 Geologica-Sismica 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 Geologica e sismica

7. BIBLIOGRAFIA

BRANAMONTE F., SERANGELI S., (1996), *Evoluzione naturale ed intervento antropico nello sviluppo dei fenomeni di subsidenza nella Pianura Pontina*, Mem. Soc. Geol. It., Vol. 51, 1996, pagg. 823-836

CAPELLI G., MAZZA R.: (2003) – *Geologia, geomorfologia e idrogeologia del territorio di Anzio e Nettuno*, in “Atlante storico-ambientale Anzio e Nettuno” (a cura di Travaglini C.M. e Caneva G.), Roma Tre, CROMA, provincia di Roma, De Luca Ed., 2003 (1990), Atlante Storico-ambientale. Anzio e Nettuno,

CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica (1985a), *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*, Roma

CREPELLANI T., NARDI R., SIMONCINI C. (1988), *La liquefazione del terreno in condizioni sismiche*, Zanichelli, Bologna

PROTEZIONE CIVILE – SERVIZIO SIMICO - CDROM – Microzonazione Sismica - Conferenza delle Regioni e Province Autonome, 2008

VENTRIGLIA U. (1990) - *Idrogeologia della Provincia di Roma*. Provincia di Roma, Ass. LL.PP. Viab. e Trasp., Roma.

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

8. STRATIGRAFIE – INDAGINI 2003

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

(E01) SONDAGGIO N 2 DATA FEBBRAIO 2003 Quota: 7,30/alm Committente Comune di Nettuno Sonda MK 420 Sistema di perforaz. a rotazione Località: PONSERICO									
Prof. in m.	Litologia	Spessore	Descrizione	Falda	Penetrom. Rp/kg/cmq	SPT n° colpi	Osservazioni		
↑			TERRENO SABBIOSO DUNALE ACONTAMINAZIONE VEGETALE E DI RIPORTO	—			Il penetrometro misura in kg/cmq il carico specifico equivalente al carico ammissibile.		
1									
2					1,5				
3			LIMI SABBIOSI TORBOSI LEGGERMENTE ADDENSATI IN ALTO, SEMPRE PIU' SCIOLTI E POCO CONSISTENTI VERSO IL BASSO.	—	1,6 0,4 0,5 0,4 0,7				
4									
5							5-12-14		
6			SABBIE E TUFO ALTERATO, DISCRETAMENTE ADDENSATI		1,8 2,3 2,8 2,5 0,5 2,2 2,4				
7									
8									
9			TUFO ALTERATO E IN PARTE ARGILLIFICATO, CON BUON ADDENSAMENTO E CONSISTENZA; NELLA PARTE BASSA SI ARRICCHISCE DI SABBIE LIMOSE E BRECCIA CON SELCE.		3,2 3,0 3,5		8-14-20		
10									
11					2,8				
12					3-1				
13							3-5-8		
14			ARGILLE LEGGERMENTE SOPRACONSOLIDATE		1,1 0,8				
15									
16			DI CONSISTENZA MEDIOCRE; SI ARRICCHISCONO NELLA PARTE BASSA DI SABBIE FINI		1,2 0,8				
17									
18					0,8 0,8				
19					0,6 1				
20					1,1 1,2				
21									
22									
23									
24			CALCARENITE FOSSILIFERA "MACCO" NELLA FACIES SABBIOSA, CONCREZIONATA IN ALTO E SEMILITOIDE VERSO IL BASSO; BUONO L'ADDENSAMENTO.		2 3 5				
25									
26									
27									
28									
29									
↑									