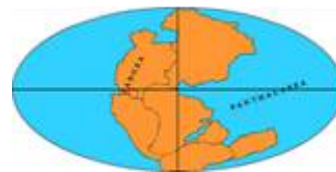




Dott. Geol. Adolfo Massimiliano Cimino  
C.so Umberto I, 97  
92022 Cammarata (AG)



**COMUNE DI LAMPEDUSA E LINOSA**  
**Provincia di AGRIGENTO**

**OGGETTO:** "Ampliamento e sistemazione del Cimitero di Lampedusa, sito in zona Cala Pisana"

**ELABORATO:** Relazione geologica

visti e pareri

*FIRME CONGIUNTE (se necessarie):*

Il R.U.P.

Il Progettista

L'Impresa

Il Calcolista

Il Direttore Lavori

Il Geologo



## **INDICE**

1.0 Premessa

2.0 Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito

2.1 Inquadramento geografico-territoriale

2.2 Uso del suolo

2.3 Quadro geodinamico e tettonico regionale

2.4 Geomorfologia

2.5 Inquadramento geologico

2.6 Idrografia e idrogeologia

2.7 Assetto geologico strutturale

3.0 Indagini e prove di riferimento

3.1 Prova penetrometrica dinamica continua

3.2 Prova sismica multicanale MASW

3.3 Sondaggio Sismico a Rifrazione

4.0 Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellizzazione del volume  
significativo di terreno

4.1 Stratigrafia e modellazione geotecnica

5.0 Relazione sulla modellazione sismica

6.0 Considerazioni conclusive

7.0 Allegati

## 1.0 PREMESSA

Il seguente lavoro è stato svolto sulla base del contratto di incarico recante patti e condizioni per lo svolgimento dei servizi di consulenza geologica per la progettazione esecutiva dell'intervento denominato "Ampliamento e sistemazione del Cimitero di Lampedusa, sito in zona Cala Pisana" tra il COMUNE DI LAMPEDUSA E LINOSA, con sede in LAMPEDUSA, via Cameroni snc, codice fiscale 80004280840 e partita IVA 02146780842, nella persona del Responsabile del Settore VI, Geom. Francesco Brignone, e il Dott. Adolfo Massimiliano Cimino, libero professionista, iscritto all'Ordine dei Geologi di Sicilia n.3208 sez.A, codice fiscale CMNDFM68R30G273V, partita Iva 02800280840 residente a Cammarata, in C.so Umberto n°97.

L'attività è stata suddivisa in una parte preliminare, di raccolta dei dati e delle conoscenze pregresse, ed in una parte successiva d'organizzazione ed elaborazione di quanto raccolto. In prima analisi è stata eseguita una ricerca bibliografica generale, in seguito integrata con la raccolta di dati specifici derivanti da numerosi soggetti coinvolti, a vario titolo, nella gestione del territorio.

I dati sul sottosuolo e la relativa caratterizzazione geotecnica sono stati acquisiti mediante un rilevamento geologico di superficie e da una campagna geognostica ove sono state effettuate prove in Sito (SPT), sismica a rifrazione, MASW. Il lavoro si è articolato nelle seguenti fasi:

- rilevamento geologico e geomorfologico di superficie;
- studio di prove penetrometriche e geofisiche nel lotto in esame;
- analisi e ricostruzione stratigrafica dell'area;
- parametrizzazione geotecnica dei terreni;
- considerazioni sulla risposta sismica secondo la nuova normativa;
- conclusioni.

Scopo dello studio è stato quello di accertare le condizioni di fattibilità dell'area in esame in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di sedime, nonché di definire i caratteri sismici del sito di progetto. Relativamente al sisma di progetto e per caratterizzare gli effetti dell'azione sismica è stata individuata la "categoria di sottosuolo di riferimento" (Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo- D.M. 14 Gennaio 2008).

Si allegano inoltre le seguenti carte ed elaborati:

- 7.1 REPORT MASW
- 7.2 DROMOCRONE SONDAGGIO SISMICO
- 7.3 SEZIONE SISMICA
- 7.4 TABULATI ELABORAZIONE SONDAGGIO SISMICO A RIFRAZIONE
- 7.5 CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO
- 7.6 GRAFICO PENETROMETRICA P1
- 7.7 GRAFICO PENETROMETRICA P2
- 7.8 ELABORAZIONE PENETROMETRICA P1
- 7.9 ELABORAZIONE PENETROMETRICA P2
- 7.10 STRALCIO CARTA IGM 1:25000 FOGLIO 265 II SO " LAMPEDUSA"
- 7.11 STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE n. 635920 "LAMPEDUSA" SCALA 1:10000
- 7.12 STRALCIO CARTA DEI DISSESTI SCALA 1:10000
- 7.13 STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO SCALA 1:10000
- 7.14 CARTA GEOLOGICA SCALA 1:10000
- 7.15 CARTA GEOLOGICA SCALA 1:5000
- 7.16 PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE PROVE
- 7.17 SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA
- 7.18 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

## NORMATIVA

L'indagine è stata eseguita secondo quanto previsto dal D.M.LL.PP. 11.03.1988 "Normativa geotecnica" e dalle "Raccomandazioni sull'esecuzione delle prove geotecniche A.G.I. 1977".

Per l'elaborazione e l'interpretazione dei risultati dell'indagine in prospettiva antisismica e con riferimento agli stati limite sono state applicate le seguenti normative vigenti:

- Testo Unico, Norme tecniche per le costruzioni (G.U. 23.09.05).
- D.M. 14.01.08 Cap. 6, "Progettazione geotecnica".
- Circolare C.S.LL.PP. N° 617, "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche 14.01.08".

## 2.0 RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito è stata ottenuta attraverso la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, geomorfologici idrogeologici e di pericolosità geologica del territorio. Il modello geologico ottenuto è pertanto il risultato di una ricostruzione esauriente del territorio e del sottosuolo, sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista.

Lo studio geologico è stato eseguito su una zona significativamente estesa, in relazione al tipo di opera e al contesto geologico in cui questa verrà a collocarsi. L'approfondimento e il dettaglio delle indagini sono state commisurate alla complessità geologica del sito e alle finalità progettuali. Si è tenuto conto inoltre di quanto riportato dalla letteratura che ha trovato pieno riscontro nei risultati delle indagini geognostiche eseguite nel sito.

Lo studio geologico ha permesso di definire i lineamenti geomorfologici della zona nonché i processi morfologici in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale e la distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità, lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

### 2.1 Inquadramento geografico-territoriale

L'isola di Lampedusa si localizza alla Latitudine 35°30' N Longitudine 12° 33' E a circa 250 km a sud delle coste siciliane e 130 km a E da quelle tunisine e consiste di una piattaforma carbonatica allungata in direzione E-O per una lunghezza di circa 11Km ed una larghezza media di circa 3Km. L'isola ha una estensione di quasi 20 Km<sup>2</sup> e presenta una morfologia ad andamento tabulare o subpianeggiante con quote che raggiungono poco più di 100 m s.l.m. nella estrema porzione occidentale dell'isola in località Albero Sole; l'unico centro abitato è quello di Lampedusa che sorge nella porzione sud-orientale dell'isola.

L'area in studio ricade nella C.T.R. in scala 1:10.000 sezione 635920 ubicata nella porzione sud-orientale dell'isola di Lampedusa, precisamente in zona Cala Pisana, a circa 9 metri sul livello del mare.

La rappresentazione cartografica delle isole è individuata dalla seguente cartografia:

- I.G.M. in scala 1:50.000: n° 635 C. Bianco - Isole Pelagie.
- C.T.R. in scala 1:10.000 (sezioni): 635910 – 635920.
- I.G.M. in scala 1:25.000: F.265 II S.O. "Lampedusa".

La carta di riferimento del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico è la carta n.3 (C.T.R. 635920)

Per quanto riguarda le aree protette, le isole di Lampedusa e Lampione sono entrambe sottoposte a tutela; in particolare si hanno:

- Isole di Lampedusa e Lampione, Riserva Naturale Orientata e SIC (Sito di Interesse Comunitario)

Livello di protezione:

- Oasi Legambiente (1984)
- Riserva Naturale Regionale Orientata (istituita nel 1995 dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia con D.A.R.T.A del 16 maggio 1995 n. 291)
- Area Marina Protetta Isole Pelagie (istituita con D.M. del 21 ottobre 2002)
- SIC ITA040002 "Isola di Lampedusa e Lampione"
- ZPS Isola di Lampedusa

## 2.2 Uso del suolo

Per quanto concerne le caratteristiche di utilizzazione del suolo ci si è avvalsi della "Carta dell'uso del suolo" pubblicata dalla Regione Siciliana, Assessorato Agricoltura e Foreste (Unità Operativa Pedologica – Servizi allo sviluppo-Unità Operativa 118, S.O.A.T. N° 74, Siciliana).

A Lampedusa le aree urbanizzate, sia a tessuto denso che rado, si riscontrano nella porzione orientale ed occupano una significativa percentuale del territorio isolano. Un'area aeroportuale civile, denominata "Lampedusa", ricade nella parte sud-orientale. Due aree industriali ricadono nella porzione occidentale. Il paesaggio naturale e agrario, invece, conquista la percentuale più vasta nel resto del territorio. Le classi di uso del suolo più diffuse sono attribuibili alle seguenti tipologie:

- Zone aperte con vegetazione rada o assente – rocce: costituisce la classe più rappresentativa e coincide con le formazioni rocciose dell'isola.
- Incolto roccioso e macchia. Queste aree si caratterizzano per la presenza di roccia affiorante che impedisce la pratica dell'attività agricola; l'influenza antropica è più limitata e sussistono le condizioni di formazione e accumulo di un substrato detritico; la vegetazione spontanea ha il sopravvento (gariga, steppa e macchia).
- Vigneto. Si tratta di piccole aree in cui il vigneto si trova sia in forma specializzata che consociata con piante di olivo e in cui le colture caratteristiche della zona si alternano a incolti, case, orti e frutteti.

- Seminativo semplice. Si tratta di ridotte superfici coltivate a leguminose da granella (lenticchie, fave) e ortive.
- Mosaici colturali. Questa tipologia colturale comprende quelle aree familiari, giardini con piante ornamentali e altro in un insieme complesso di superfici non cartografabili singolarmente.

### 2.3 Quadro geodinamico e tettonico regionale

La Sicilia ha una storia geologica molto complessa, fatta di vicende sedimentarie e tettoniche avvenute nell'arco di tempo compreso tra il Paleozoico e il Quaternario. La Sicilia occupa il Mediterraneo centro-occidentale ed è un segmento del sistema alpino che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea. Questo segmento di catena collega le Maghrebidi africane con l'appennino meridionale attraverso il cuneo di accrezione della Calabria. Con il termine Maghrebidi si intende una catena di montagne che da Algeria e Tunisia, attraverso il Canale di Sicilia, giunge a comprendere gran parte della Sicilia. La catena Maghrebide è un orogene sudvergente, accresciutosi sul margine settentrionale del continente africano.

Dal punto di vista orografico le Maghrebidi siciliane sono costituite dai Monti di Palermo, dai Nebrodi, dalle Madonie e dai Monti Sicani. La catena termina a est contro l'edificio vulcanico dell'Etna e contro la Linea di Taormina che marca il confine con l'Arco calabro-peloritano.

La catena siciliana è composta da diverse unità tettoniche (scaglie), impilate e accavallate prevalentemente verso sudest, derivanti dalla deformazione di formazioni rocciose depositate al margine settentrionale del blocco continentale africano. In Sicilia, la catena Maghrebide può essere suddivisa in due grandi elementi principali, uno interno situato nella parte settentrionale dell'isola e uno esterno che comprende la parte meridionale. L'elemento tettonico interno è costituito da diverse scaglie sovrascorse l'una sull'altra durante il Miocene. Ne fanno parte i Monti di Palermo, i Nebrodi, le Madonie, l'Imerese e il Trapanese. L'elemento tettonico esterno è stato deformato e accavallato in tempi più recenti (dal Miocene superiore al Pliocene inferiore) e comprende l'area di Sciacca-Castelvetrano e il bacino di Caltanissetta, caratterizzato da una grande falda di ricoprimento, la cosiddetta Falda di Gela. Questi elementi esterni sono stati accavallati in tempi recentissimi, fino al Quaternario (Pleistocene medio).

## 2.4 Geomorfologia

Il principale requisito del sito da edificare è la sua sicurezza nei confronti di dissesti di tipo idrogeologico. Il sito è stato esaminato nel più ampio contesto territoriale di cui fa parte, esaminando le forme del terreno e in quale maniera queste possano interferire con la struttura in progetto. La procedura di valutazione della pericolosità del territorio si è sviluppata secondo il seguente flusso: esame della cartografia geologica generale, tematica e della letteratura tecnica; esame di ortofoto; rilievo diretto sul terreno comparando le informazioni presenti nella cartografia ed effettiva situazione riscontrabile nel sito.

Sulla base di un'approfondita ricerca bibliografica, seguita da analisi foto interpretative e da un attento rilievo geomorfologico di campagna sono stati analizzati i processi geomorfologici che hanno caratterizzato il settore di territorio in cui ricade l'area di interesse e quelli che possono evolvere in tempi confrontabili con quelli di vita nominale dell'opera. E' stata presa in considerazione, inoltre, la delimitazione delle aree interessate da dissesto del Piano d'Assetto Idrogeologico (P.A.I.). L'analisi geomorfologica ha permesso di discriminare la significatività dei processi erosivi-deposizionali di origine naturale, cioè legati alle peculiari caratteristiche degli agenti esogeni ed endogeni del territorio. L'omogeneità litologica dell'isola e l'assetto giaciturale dei terreni affioranti hanno favorito l'instaurarsi di un tipico paesaggio tabulare a morfologia sub-pianeggiante interrotta soltanto da alcune incisioni torrentizie più o meno profonde che si originano nella parte settentrionale dell'isola per poi arrivare alla linea di costa nel settore meridionale. Queste presentano sezioni a V moderatamente incassate e pareti con inclinazione media di 45°, specie nella parte Ovest dell'isola, e hanno un decorso prevalente nord-sud. Data la brevità del loro sviluppo e la scarsità delle precipitazioni che caratterizza l'area, non si possono definire come veri e propri corsi d'acqua, anche perché sono praticamente sempre asciutti; essi sono piuttosto delle incisioni che, in occasione di eventi meteorici abbondanti, rappresentano linee preferenziali di deflusso delle acque meteoriche. Tali incisioni sono, procedendo da Ovest verso Est: Vallone dell'Acqua, Vallone Profondo, Vallone della Forbice, Vallone Tabaccara. Per quanto riguarda la morfologia delle coste si osserva che, anche a causa della giacitura prevalente degli strati delle formazioni affioranti, che tendenzialmente immergono in direzione Sud si hanno delle coste ripide e scoscese con alte falesie nel settore settentrionale, mentre le coste meridionali si presentano meno ripide e scoscese con numerose calette sabbiose e piccole baie e porticcioli naturali. Il settore costiero settentrionale, esposto all'azione di attacco del moto ondoso di maestrale, esibisce falesie rocciose subverticali con elevazioni sul livello del mare via via crescenti da Est (zona di Capo Grecale-Punta Alaimo) verso Ovest (zona di Punta Cappellone-Albero Sole), in accordo con



l'assetto orografico generale dell'isola. Coste alte caratterizzano anche la parte Ovest (es. Capo Ponente) e Sud-Ovest di Lampedusa (es. zona tra Isola dei Conigli e Capo Ponente) con falesie subverticali alte fino a 100 metri. Il settore sud orientale dell'isola è caratterizzato da morfologie costiere piuttosto irregolari in cui prevalgono sia coste alte che basse caratterizzate da una sequenza di baie e promontori con spiagge sabbiose e falesie.

Date le ridottissime pendenze, non sono osservabili azioni morfogenetiche prodotte da erosione superficiale delle acque meteoriche e non si osservano significativi fenomeni di ristagno idrico. In questa categoria rientrano quei processi erosionali legati alle precipitazioni ma che hanno come fattore predisponente la gravità: sono suddivisibili in ruscellamento areale e ruscellamento concentrato. Entrambi interessano principalmente le aree denudate o con scarsa vegetazione e sono responsabili della depauperazione della coltre eluviale. La differenza è che mentre il primo interessa aree estese in modo meno visibile, il secondo è invece localizzato lungo direttrici di drenaggio ben individuabili ed assume la forma di solchi profondi anche alcuni metri.

Le azioni geomorfologiche che hanno operato e che operano tuttora sul segmento di versante in oggetto sono di due categorie: la degradazione meteorica e l'erosione. Il disfacimento meteorico ha operato con una serie di azioni che hanno modificato fisicamente e chimicamente la roccia grazie agli agenti atmosferici come l'ossidazione, l'idrolisi, i processi termoclastici ma il processo più importante della degradazione superficiale, che opera anche come agente erosivo, è da ricondursi essenzialmente alle soluzioni acquose leggermente acide che hanno prodotto e continuano a produrre una corrosione carsica.

Alla luce di quanto sopra esposto, i fenomeni di dissesto nell'isola sono pressoché assenti. Gli unici dissesti individuati sono riconducibili a frane di crollo lungo i fronti calcarei e calcarenitici subverticali presenti lungo alcune zone litorali, in prevalenza lungo le coste settentrionali e orientali con accumulo di blocchi al piede delle falesie, qui l'azione erosiva al piede delle scarpate medesime innesca una serie di crolli per scalzamento al piede, che contribuiscono al progressivo arretramento della scarpata medesima. Si tratta di eventi estremamente rapidi, legati a fenomeni predisponenti di tipo strutturale.

Ad esclusione di tali fenomeni, che peraltro si osservano in aree prive di insediamenti in quanto interessano nella maggior parte dei casi zone di costa alta e scoscesa, difficilmente raggiungibili da terra, non si sono riscontrati fenomeni di dissesto rilevanti. E' pertanto possibile effettuare una proiezione futura positiva della sicurezza del sito e della stabilità del territorio, dal punto di vista del dissesto idrogeologico, basata sulla assenza evolutiva di processi geomorfologici potenzialmente pericolosi.

## 2.5 Inquadramento geologico

Nel seguito del presente paragrafo si descrivono in maniera dettagliata le caratteristiche geologiche del volume geologico significativo. Il volume geologico significativo comprende il sito geologico e il relativo sottosuolo in cui è possibile cogliere interrelazioni di carattere dinamico di origine geologica o antropica influenzanti l'opera, in grado di provocare o subire azioni dirette o indirette sulle/dalle opere o su/da parti delle stesse. Il "sito geologico", ancorché influenzato dall'impronta dell'opera di progetto, non coincide generalmente con l'area di interesse progettuale e la sua estensione è sempre esuberante rispetto all'ambito di interesse.

La ricostruzione del modello geologico comporta sostanzialmente l'identificazione di un volume nel cui ambito è definibile una successione litostratigrafica in funzione della tipologia e del numero di litotipi, delle litofacies, dei caratteri mineralogici e tessiturali, dei rapporti stratigrafici tra gli stessi, delle giaciture delle strutture, dell'assenza o la presenza di discontinuità strutturali, dell'assenza o la presenza di fluidi nel suo ambito, dei parametri che caratterizzano l'andamento e la circolazione di tali fluidi.

La successione sedimentaria dell'isola di Lampedusa è costituita da depositi di natura prevalentemente carbonatica di età relativamente recente, compresa tra il Miocene ed il Quaternario-Attuale.

In ordine stratigrafico, dal basso verso l'alto si possono individuare i seguenti depositi:

Formazione Lampedusa (Tortoniano – Messiniano inf.) Si tratta di una formazione prevalentemente calcarea che affiora diffusamente nella porzione centro orientale dell'isola; nella parte occidentale essa è invece affiorante soltanto in corrispondenza delle maggiori incisioni, laddove l'erosione ha asportato i depositi calcarenitici ed terreni di copertura più recenti. I termini appartenenti a questa formazione si rinvencono con giacitura sub orizzontale lievemente inclinata verso sud e sud-ovest, in posizione conforme al locale sviluppo del modesto pendio. All'interno della formazione è possibile operare una suddivisione in tre membri principali di seguito descritti:

- Membro di Cala Pisana: è costituito di calcari biolititici a molluschi ed alghe, tipici di ambiente di scogliera e di avanscogliera. Il membro tardo miocenico di Cala Pisana affiora esclusivamente nella parte orientale e meridionale dell'isola di Lampedusa ed è articolato in due unità eteropiche:

Gli Strati di Punta Maccaferri: consistono di calcareniti e biolititi a Porites, alghe coralline (Halimeda), serpulidi, gasteropodi (Arca e Conus) e spugne (Entobia) e sono indicativi di un ambiente di scogliera;

Gli Strati di Punta Guitja: sono formati da calcari oolitici e livelli rodolitici algali con abbondanti bioturbazioni e sono associati ad un ambiente deposizionale di avanscogliera.

- Membro di Capo Grecale: è rappresentato da micriti carbonati che di colore bianco e giallastro con resti di foraminiferi bentonici, briozoi ed alghe. Nella parte centrale ed orientale dell'isola giace in discordanza sui litotipi del Membro di Cala Pisana, mentre nella parte occidentale dell'isola, caratterizza le parti più profonde di incisioni fluviali (ad esempio il Vallone dell'Acqua, il Vallone Profondo o il Vallone della Forbice). Il membro, di età Tortoniano – Messiniano inferiore (Grasso e Pedley, 1985) è composto da due unità litologicamente differenti:

Gli Strati del Vallone Imbriacoli: consiste di micriti carbonatiche di colore biancogiallastro con abbondanti pettinidi, ostriche, echinoidi e briozoi. Comune anche la presenza di foraminiferi bentonici. Si ritrova diffusamente nelle falesie della costa occidentale e settentrionale dell'isola.

Gli Strati di Cala Calandra: i primi 50 cm di sono rappresentati da un deposito marnoso, sormontato da biocalcareni sottilmente stratificate di colore marrone pallido. Questa unità affiora solamente nella parte orientale dell'isola di Lampedusa, a ridosso della faglia di Cala Creta.

- Membro del Vallone della Forbice: affiora nella parte occidentale e settentrionale dell'isola di Lampedusa ed è costituito da uno spessore di circa 60 metri di biocalcareni dal giallastro al grigio pallido parzialmente dolomitizzate. Si tratta di biocalcareni sottilmente stratificate con frammenti di alghe, molluschi, echinidi e localmente con livelli stromatolitici o di calcari dolomitici. Nella parte intermedia dell'unità è presente un livello di calcari a lumachelle. La parte sommitale del membro presenta spessori di alcuni metri di laminiti dolomitiche e stromatoliti sottilmente stratificati. L'unità è caratterizzata dalla presenza comune di foraminiferi bentonici, alghe coralline, molluschi, echinoidi, coralli e briozoi.

Calcareni (Pleistocene inf.). I depositi Pleistocenici ed Olocenici sono separati da quelli della Formazione Lampedusa da un'ampia lacuna stratigrafica. Si tratta di calcareniti massive o talora mal stratificate in banchi di spessore di alcuni metri, di colore giallo o bianco rosato. Presentano talora stratificazione incrociata e contengono frammenti e resti di molluschi e foraminiferi bentonici. Si rinvencono diffusamente in affioramento nella parte occidentale dell'isola.

Terrazzi marini (Pleistocene sup.) Si tratta di superfici di abrasione marina poco sviluppate caratterizzate dalla presenza di sabbie e ghiaie, individuabili in lembi di limitata estensione lungo alcuni tratti della costa meridionale dell'isola.

Sabbie eoliche (Pleistocene sup.) Si tratta di accumuli di sabbie di origine eolica di natura carbonatica, poco addensate caratterizzate da stratificazione incrociata e da spessori modesti. Affiorano nella estrema porzione centro-orientale dell'isola a copertura dei sottostanti terreni carbonatici.

Depositi di copertura recenti ed attuali (Pleistocene sup. - Attuale) Comprendono i terreni detritici costituiti di brecce carbonatiche in matrice sabbiosa o di terra nelle maggiori incisioni vallive e il detrito di falda localmente presente al piede delle principali scarpate. Sono presenti infine depositi sabbiosi, generalmente fini, sciolti attuali in corrispondenza delle varie spiagge presenti nell'isola.

Al fine di schematizzare correttamente dal punto di vista litotecnico i sedimenti presenti nell'area di studio è stata redatta un'apposita carta in scala 1:10.000 che riassume le principali caratteristiche dei terreni investigati.

## 2.6 Idrografia e idrogeologia

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Dal punto di vista dell'idrografia superficiale all'interno dell'isola di Lampedusa non si hanno dei corsi d'acqua o dei valloni veri e propri. Esistono soltanto delle incisioni che rappresentano delle linee preferenziali di deflusso delle acque superficiali, nei periodi, peraltro piuttosto scarsi, di maggiore piovosità, mentre in condizioni normali, anche nella stagioni invernali, essi sono pressoché asciutti.

Ciò è dovuto principalmente, oltre al clima particolarmente arido e asciutto con precipitazioni piuttosto scarse, alla modesta estensione areale dell'isola, per cui i bacini imbriferi presentano superfici molto ridotte ed i tempi di deflusso e di corrivazione delle acque sono rapidissimi e di conseguenza le acque confluiscono nel giro di poco tempo a mare. In generale, le linee di impluvio esibiscono pattern da dendritico a lineare e gli assi di drenaggio principale hanno direzioni variabili da ONO-ESE a NNO-SSE fino a N-S e deflussi verso SSE. Per quanto riguarda l'isola di Lampedusa le aste fluviali presenti sono così denominate: vallone dell'Acqua, vallone Profondo, vallone della Forbice e vallone Imbriacole le quali sfociano tutte sul versante meridionale. Per ognuna delle suddette aste, il bacino idrografico sotteso alla sezione di foce è di ridottissima estensione pertanto le portate al colmo di piena assumono valori molto bassi.

Il reticolo di drenaggio è praticamente assente nell'area di nostra competenza. L'unica incisione significativa è posta nella vallecchia di Cala Pisana. Altre incisioni si rinvennero lontane dal sito. Queste vallecchie formano un reticolo di drenaggio effimero, immaturo, angolato e con ramificazioni legate ad un controllo geologico-strutturale. Le linee di impluvio portano acqua solo in occasioni di consistenti afflussi meteorici.

Il sito di progetto è dominato dal complesso carbonatico del Membro di Cala Pisana caratterizzati da un grado di permeabilità tale da consentire l'infiltrazione quasi immediata di gran parte delle acque meteoriche, mentre l'aliquota del deflusso superficiale è quasi irrilevante. Tale area inoltre non è soggetta al dilavamento delle acque superficiali e non è attraversata da vie preferenziali di scorrimento delle medesime. Nel corso delle indagini effettuate nell'area in studio non è stata rinvenuta nessuna falda acquifera superficiale. Si esclude che l'opera in progetto possa interferire negativamente con il locale regime idrico sia superficiale che profondo.

Il sito è stato così classificato nelle seguenti tipologie di rischio e pericolosità:

PERICOLOSITA' DA FRANA	Nulla
RISCHIO DA FRANA	Nulla
RISCHIO IDRAULICO	Nulla
PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE	Nulla

Pertanto l'intervento è del tutto compatibile con le norme di salvaguardia del suddetto Piano Stralcio. Dal punto di vista geostatico l'esame geomorfologico di dettaglio ha evidenziato che l'area è stabile, non si rinvennero , infatti, tracce di movimenti antichi o recenti del terreno, inoltre dal punto di vista della successione litostratigrafica che delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati, presenta una buona omogeneità.

## 2.7 Assetto geologico strutturale

In questo capitolo vengono descritti i rapporti tra corpi geologici generati dall'attività tettonica (faglie, pieghe e ricoprimenti) nonché le relazioni geometriche e di estensione fra gli stessi, quali le variazioni verticali e laterali dalle distribuzioni delle facies.

Dal punto di vista strutturale Lampedusa appartiene al blocco Pelagiano, un dominio di avampaese al nord delle placca africana, costituito da una successione carbonatica Meso - Cenozoica di mare da superficiale a profonda. L'isola si trova nel Canale di Sicilia, nella parte meridionale di una zona di rift che mostra delle profonde depressioni strutturali controllate da faglie orientate NW-SE (es. grabens di Pantelleria, Linosa e Malta). In questo scenario, Lampedusa rappresenta una piccola struttura a horst formata da una sequenza carbonatica Neogenica -Quaternaria

I principali lineamenti tettonici che interessano l'isola sono distribuiti nella parte Est. Un altro lineamento tettonico (faglia di Area Rossa), è presente nella parte centrale dell'isola. E' costituito da una faglia orientata NW-SE con un piano di faglia non evidente.

L'area tra Cala Creta e Cala Pisana in cui affiorano micriti carbonatiche compatte riferibili alla parte alta del Membro di Capo Grecale è deformata da una serie di segmenti di faglia e da set di fratture variamente orientate che si sviluppano all'interno di fasce di deformazione ben riconoscibili lungo la falesia. Le faglie analizzate sono generalmente orientate NO-SE ed immergono a sud-ovest con inclinazioni variabili da 45° fino a sub-verticali. I piani esibiscono spesso superfici striate con pitch tra i 30 e i 60° che, in accordo con l'immersione del piano di faglia, indicano un movimento obliquo sinistro transpressivo per queste strutture.

Le zone fagliate sono accompagnate da sistemi pervasivi di fratture spesso estensionali e variamente inclinate sia beanti che chiuse generalmente confinate all'interno di ampie fasce di deformazione. I rapporti angolari con i piani di faglia suggeriscono come molte delle discontinuità analizzate corrispondano a fratture di Riedel sia antitetiche che sintetiche.

Per ciò che concerne l'età delle deformazioni la maggior parte delle strutture analizzate si sviluppano all'interno di successioni carbonatiche mioceniche ed appaiono sigillati da depositi marini quaternari.

### 3.0 INDAGINI E PROVE DI RIFERIMENTO

Per il progetto in questione sono stati eseguiti due prove geotecniche in situ (penetrometriche dinamiche), una stesa sismica a rifrazione per il controllo spaziale dei terreni attraversati ed un sondaggio sismico tipo MASW per la definizione del Vs,30.

#### 3.1 Prova penetrometrica dinamica continua

Il sondaggio penetrometrico dinamico consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Il dato ottenuto dalla prova è il numero dei colpi per l'infissione di 10 cm

della punta (N10); essa viene fatta in maniera continua fino alla profondità desiderata o fino al raggiungimento del fondo scala quando si superano i 60 colpi per 10 cm. Il penetrometro utilizzato per il lavoro in oggetto è prodotto dalla “Deep Drill” ed è denominato “Penetrometro Dinamico Leggero Italiano” DL30.

Secondo la classificazione ISSMFE esso rientra tra i penetrometri di tipo “Medium DPM” avendo una massa battente di 30kg (compresa tra 10kg e 40kg).

La tabella completa delle caratteristiche tecniche dello strumento verrà riportata in calce alla relazione.

L’elaborazione delle prove è stata condotta utilizzando un appropriato software per l’interpretazione dei dati penetrometrici (WINDIN). Esso, attraverso un’elaborazione statistica, risale al numero dei colpi equivalenti di una prova SPT ( $N_{spt}$ ) dal numero dei colpi del penetrometro DL30 (N10); fase necessaria poiché tutti gli studi sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni in situ sono stati compiuti attraverso le prove SPT. Per ricavare il numero di colpi della prova SPT correlato bisogna moltiplicare, per ogni strato individuato, il Valore Caratteristico Aggiunto (VCA), nel nostro caso ricavato dal valore medio “M”, per il coefficiente di correlazione teorico ( $\beta_t$ ) che è pari a 0,77; il VCA viene scelto in base alle caratteristiche degli strati. Dal numero di colpi  $N_{spt}$  così ricavato, il programma ha automaticamente estrapolato i valori dei parametri geotecnici attribuibili ai terreni, in conformità a delle tabelle di correlazione sperimentali costruite da diversi autori (per maggiori informazioni si rimanda a testi specialistici, Terzaghi & Peck 1948-1967, Peck – Hanson – Thorburn 1953-1974, D’Apollonia e Altri 1970).

Le risultanze delle prove penetrometriche consistono nella stesura di una colonna stratigrafica, derivante dall’accorpamento dei terreni che hanno medesime caratteristiche meccaniche di resistenza all’avanzamento della punta, a cui si associano le litologie ed i relativi parametri geotecnici.

In calce alla relazione verranno prodotti gli elaborati derivanti dall’interpretazione delle prove penetrometriche consistenti, per ogni prova, in una tabella con il numero di colpi (dati di campagna) e il valore di resistenza alla punta corrispondente, un grafico esemplificativo dei dati suddetti e l’elaborazione statistica dei dati.

### 3.2 Prova sismica multicanale MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde



superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

Per la caratterizzazione dei terreni in base alla nuova normativa sismica italiana, è stata eseguita una stesa sismica del tipo MASW mediante l'analisi delle onde di Rayleigh. A tal fine è stato utilizzato un sismografo PASI modello Gea 24, con geofoni di frequenza 4.5 hz, spaziatura intergeofonica di 2 metri e lunghezza dello stendimento di 27 metri.

Per l'elaborazione dei dati, effettuata a posteriori, ci si è avvalsi dell'ausilio dell'elaboratore elettronico e del programma interpretativo GeoMASW.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Come detto, questa metodologia consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali. In particolare, quelle con bassi valori di lunghezze d'onda (alte frequenze) interessano gli strati superficiali mentre quelle a maggior lunghezza d'onda (minore frequenza) interessano anche gli strati più profondi. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) e delle onde di taglio ( $V_s$ ) sono dipendenti e legati dalla relazione (Richart et al. 1970):

$$V_r^6 - 8V_s^2 V_r^4 + (24 - 16V_s^2/V_p^2) V_s^4 V_r^2 + (16V_s^6/V_p^6 - 1) V_s^6 = 0$$

la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) è leggermente inferiore alla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ovvero seguendo Achenbach (1999):

$$V_r = (0.862 + 1.14 \nu / (1 + \nu)) V_s$$

$\nu$  = modulo di poisson

Il che significa che al variare di  $\nu$ , la  $V_r$  è inferiore rispetto alla  $V_s$  di un valore compreso tra 0.862 e 0.955 traducendosi nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile potendosi così scrivere la relazione  $V_r = 0.91V_s \pm 0.046$ .

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale PASI Gea 24, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- sovracampionamento e post-processing e possibilità di campionamento fino a 100000 c/sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)



- filtri High Pass e Band Reject
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 9 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 2.0 metri;
- n.2/3 energizzazioni ad offset (Sx) 2/14 m;
- tempo di campionamento di 1ms;
- tempo di acquisizione pari a 2000 ms.

L'analisi MASW può essere descritta attraverso le seguenti fasi :

- La prima fase ha previsto l'acquisizione dei segnali in campagna e la ricostruzione grafica dei treni d'onda (Sismogrammi ottenuti in fase di acquisizione dataset);
- la seconda fase ha previsto la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza  $f$  – numero d'onda  $K$  – ampiezza (spettri  $f_k$ );
- la terza fase è consistita nell'individuazione delle coppie  $f-k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale); essi consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  (m/sec) – frequenza (Hz);
- la quarta fase ha previsto il calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$  degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quinta ed ultima fase è consistita nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.
- Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (GEOMASW), stila il profilo di velocità definitivo con i relativi spessori e da essa viene ricavato il valore del  $V_s$ ,<sup>30.i</sup>

La definizione del modello di suolo e i relativi spessori sono stati inseriti come input prima dell'inversione e la curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità evidenzia un buon accordo con la curva di dispersione sperimentale.

Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (GEOMASW), stila il profilo di velocità definitivo con i relativi spessori visibili nelle tabelle dei report allegati; da essa viene ricavato il valore del  $V_s$ ,<sup>30.</sup>

Il risultato delle  $V_{s,30}$  è risultato pari a 961,0 m/sec, per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 14/01/08, il lotto analizzato appartiene alla categoria di sottosuolo A: *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.

In allegato viene riportato il report della MASW contenente tutte le fasi di elaborazione e i risultati.

### 3.3 Sondaggio Sismico a Rifrazione

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale PASI Gea 24, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- post-processing e possibilità di campionamento fino a 100000 c/sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- High Pass e Band Reject
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 9 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 12 geofoni con interspazio di 2.0 metri;
- n.5 energizzazioni (quattro esterne e una interna);
- tempo di campionamento di 0.125 ms.
- tempo di acquisizione pari a 500 ms.

Per la misura delle velocità delle onde P, degli spessori e geometrie degli strati attraversati si è energizzato con massa battente perpendicolarmente al p.c. (per generare onde longitudinali) con due posizioni di andata, una intermedia e due di ritorno.

La lunghezza della base sismica è di 32.0m; è stata quindi scelta una spaziatura tra i geofoni di 2.0m in modo da ottenere un dettaglio ed una profondità adeguati rispetto alla superficie da indagare.

Con le apparecchiature usate è stato possibile ottenere i primi arrivi sufficientemente netti anche in presenza di rumori di fondo.

Le misure rilevate hanno consentito di costruire le curve tempi-distanze (Dromocrone) e determinare le velocità e gli spessori dei vari strati.

Il metodo sismico a rifrazione sfrutta la propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo; condizione necessaria perché si abbia rifrazione delle onde elastiche è una variazione della velocità delle medesime con la profondità in modo uniforme o discontinuo.

Eventuali strati a velocità inferiori rispetto ai soprastanti non vengono rifratti e quindi registrati. Il sottosuolo delle fasce studiate è stato esplorato per una profondità di circa 12m.

Per l'interpretazione dei sondaggi ci si è avvalsi di un software d'interpretazione e analisi sismica a rifrazione, ed in particolare le stese sono state interpretate con il Metodo Reciproco Generalizzato.

Le curve così ottenute sono diverse in dipendenza dello spessore dei terreni di copertura e della natura dei materiali attraversati. I dati ottenuti hanno permesso di diagnosticare delle successioni di litotipi che molto chiaramente sono evidenziate nelle sezioni stratigrafiche interpretative e nelle tabelle allegate.

#### 4.0 RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO

La relazione geotecnica contiene i risultati delle indagini e l'illustrazione del modello geotecnico con i relativi valori caratteristici. La stessa non contiene verifiche geotecniche né descrizioni progettuali in quanto i dati necessari non sono stati forniti dal progettista.

Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni, permettendo un'adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo di terreno ossia dei volumi meccanicamente omogenei.

La superficie piezometrica non è stata intercettata nelle prove eseguite. Il sottosuolo non presenta significative disomogeneità.

##### 4.1 Stratigrafia e modellazione geotecnica

La stratigrafia del sito è stata ricavata dall'esecuzione di due prove penetrometriche dinamiche continue ed una stesa sismica a rifrazione; il lavoro è stato completato tramite il rilevamento di campagna e la ricerca bibliografica dei lavori precedenti.

Si riporta di seguito la stratigrafia con i relativi parametri geotecnici ricavati dall'elaborazione statistica delle prove penetrometriche. Gli spessori ed i parametri geotecnici riportati nella seguente colonna stratigrafica semplificata e riepilogativa sono quelli medi o delle peggiori condizioni riscontrate nella campagna d'indagini.

Dall'alto verso il basso i terreni attraversati sono:

=====

strato n.1 (da 0.00m a -0.50m) - terreno agrario e/o riporto (da asportare)
---

=====

Spessore strato

0.50m

strato n.2 (da -0.50m a -3.30m) – sabbia addensata e/o calcarenite debolmente cementata (strato di fondazione)

Spessore strato	2.80m
Peso unità di volume ( $\gamma'$ )	2110 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ )	39.3°
Coesione drenata ( $c'$ )	0.0 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata ( $C_u$ )	0.0 Kg/cm <sup>2</sup>

strato n.3 (oltre -3.30m) – calcareniti

Spessore strato	indefinito
Peso unità di volume ( $\gamma'$ )	2200 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ )	40°
Coesione drenata ( $c'$ )	0.0 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata ( $C_u$ )	0.0 Kg/cm <sup>2</sup>

## 5.0 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Allo scopo di disporre di idonei elementi di valutazione del livello di sismicità che caratterizza il territorio in esame, è stata eseguita un'indagine rivolta ad accertare gli eventi macrosismici registrati in passato.

Per quanto attiene alle faglie attive, il riferimento ufficiale è il DISS (Database of Individual Seismogenetic Sources) dell'INGV. Il DISS fornisce un'istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. Per quanto attiene alle faglia capaci, il database ufficiale è ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) del Servizio Geologico Nazionale.

L'area è interessata dalla attività sismica del Canale di Sicilia (Civile et al., 2008) ed è caratterizzata da una moderata sismicità con eventi superficiali ( $h < 25$  km) aventi magnitudo compresa nell'intervallo 2 – 4, come evidenziato dal database INGV 1981-2013. Per ciò che riguarda la sismicità storica, il database italiano delle intensità macrosismiche (Working Group DBMI04, 2005) non riporta alcuna informazione sui terremoti verificatisi e/o risentiti nella Isola di Lampedusa dal 1900 ad oggi: se si considera che un evento sismico dannoso per le strutture è calcolato maggiore o uguale a 5 di Mm, si deduce che la zona non ha mai avuto storicamente degli eventi particolarmente dannosi. Il territorio comunale di Lampedusa, a seguito della riclassificazione sismica effettuata dalla Regione Sicilia, delibera Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003, è classificato in IV categoria -  $a_g \leq 0.05$ .

File downloaded from CPTI15 - DBMI15					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Lampedusa				
PlaceID	IT_67535				
Coordinates (lat, lon)	35.500, 12.606				
Municipality (ISTAT 2015)	Lampedusa e Linosa				
Province	Agrigento				
Region	Sicilia				
No. of reported earthquakes	1				
<b>Intensity</b>	<b>Year Mo Da Ho Mi Se</b>	<b>Epicentral area</b>	<b>NMDP</b>	<b>Io</b>	<b>Mw</b>
NF	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7,1

Nelle NTC viene introdotto il concetto di azione sismica. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La “risposta sismica locale” è l'azione sismica emergente in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Il passaggio da PSB a RSL è stato effettuato utilizzando il metodo semplificato proposto dalle NTC.

Lo scopo dell'indagine è stato quello dell'identificazione della categoria di sottosuolo per quanto attiene ai fenomeni che governano la velocità di propagazione e la risonanza delle onde superficiali, effettuata in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$ . La velocità equivalente è stata ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30m, e nel terreno stratificato in esame di spessore complessivo pari a 30m.

Attraverso l'elaborazione della MASW con un software dedicato (GEOMASW), viene stilato il profilo di velocità definitivo con i relativi spessori visibili nella tabella del report; da essa viene ricavato il valore del  $V_{s,30}$ .

Inoltre, avendo stimato le  $V_p$  tramite l'esecuzione del sondaggio sismico a rifrazione ed il valore del peso di volume dei terreni con la prova penetrometrica, è stato possibile risalire alle caratteristiche elastiche degli stessi. Il risultato della  $V_{s,30}$ , è pari a:  $V_{s,30}$  è risultato pari a 961,0 m/sec

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 14/01/08, si stabilisce che i terreni dell'area in studio appartengono categoria di sottosuolo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m, in considerazione del fatto che è stato misurato, alle

frequenze di interesse un effetto equivalente a quello che la situazione stratigrafica inerente a detta categoria può causare.

Inoltre, per il caso in esame, si esclude la presenza di terreni di tipo S1 e S2 (Tab. 3.2.III del D.M. del 14/01/08)

Il coefficiente di amplificazione topografica, NTC § 3.2.2 Tab. 3.2IV e Tab. 3.2 VI, che rappresenta l'amplificazione delle onde sismiche dovuta alla topografia, in funzione della categoria topografica, caratteristiche della superficie topografica, identificata come  $T_1$ , e dell'ubicazione dell'opera è stato assunto pari a  $S_T=1.0$ . Nel caso in esame non sono stati riscontrati effetti di sovrapposizione tra effetti topografici e effetti di amplificazione litologica, indicando omogeneità del sottosuolo nei confronti della risposta sismica. Tale omogeneità è in accordo con l'omogeneità laterale delle proprietà meccaniche complessivamente riscontrate nelle prove penetrometriche eseguite

## 6.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base di quanto esposto, dalle indagini condotte e dai dati in possesso si può concludere che:

- La successione sedimentaria dell'isola di Lampedusa è costituita da depositi di natura prevalentemente carbonatica di età relativamente recente, compresa tra il Miocene ed il Quaternario-Attuale.
- Morfologicamente l'area d'intervento si presenta pianeggiante con pendenze molto blande verso S-SW, con quote medie del piano campagna di 9 metri s.l.m.
- Il settore in cui ricadono le opere da realizzare è allo stato attuale morfologicamente stabile; non sono state rilevate infatti frane o scoscendimenti. E' pertanto possibile effettuare una proiezione futura positiva della sicurezza del sito e della stabilità del territorio, dal punto di vista del dissesto idrogeologico, basata sulla assenza evolutiva di processi geomorfologici potenzialmente pericolosi.
- Dal punto di vista dell'idrografia superficiale all'interno dell' isola di Lampedusa non si hanno dei corsi d'acqua o dei valloni veri e propri. Il reticolo di drenaggio è praticamente assente nell'area di nostra competenza, pertanto si esclude che l'opera in progetto possa interferire negativamente con il locale regime idrico sia superficiale che profondo.
- La stratigrafia dei luoghi di fondazione è costituita da una coltre di terreno agrario e/o riporto fino a  $-0.50$  m dal p.c., cui fa seguito sabbia addensata e/o calcarenite debolmente cementata (strato di fondazione) fino alla profondità di  $-3.30$ m dal p.c. e le calcareniti in substrato integro per spessori indefiniti.

- La stratigrafia del sito è stata ricavata dall'esecuzione di due prove penetrometriche dinamiche continue e di una stesa sismica a rifrazione.
- Il territorio comunale di Lampedusa, a seguito della riclassificazione sismica effettuata dalla Regione Sicilia, delibera Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003, è classificato in IV categoria -  $a_g \leq 0.05$ .
- Sulla base delle risultanze della prova MASW eseguita è stato determinato il valore del  $V_{s,30}$  pari a 961,0 m/sec.
- Secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 14/01/08 si stabilisce che i terreni dell'area in studio appartengono alla categoria di sottosuolo A.
- Con riferimento alla tabella 3.2.IV delle nuove norme tecniche sulle costruzioni, la categoria topografica riferibile alla situazione dei luoghi di progetto può essere identificata con la T1.
- I terreni investigati, per la loro caratteristiche meccaniche, possiedono caratteristiche sufficienti a sopportare i carichi delle strutture in oggetto. Per la verifica definitiva della capacità portante e cedimenti dei terreni si rimanda al tecnico progettista delle strutture.
- Per quanto riguarda l'orizzonte investigato la suscettibilità alla liquefazione si ritiene nulla in considerazione della litologia prevalente.

In definitiva, nulla osta alla realizzazione dell'opera dal punto di vista geologico e geomorfologico.

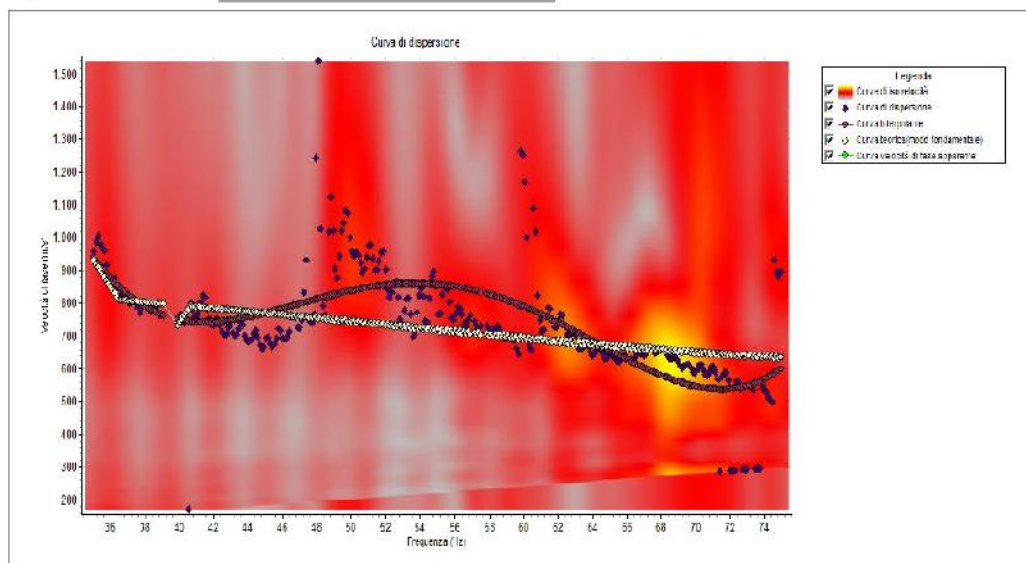
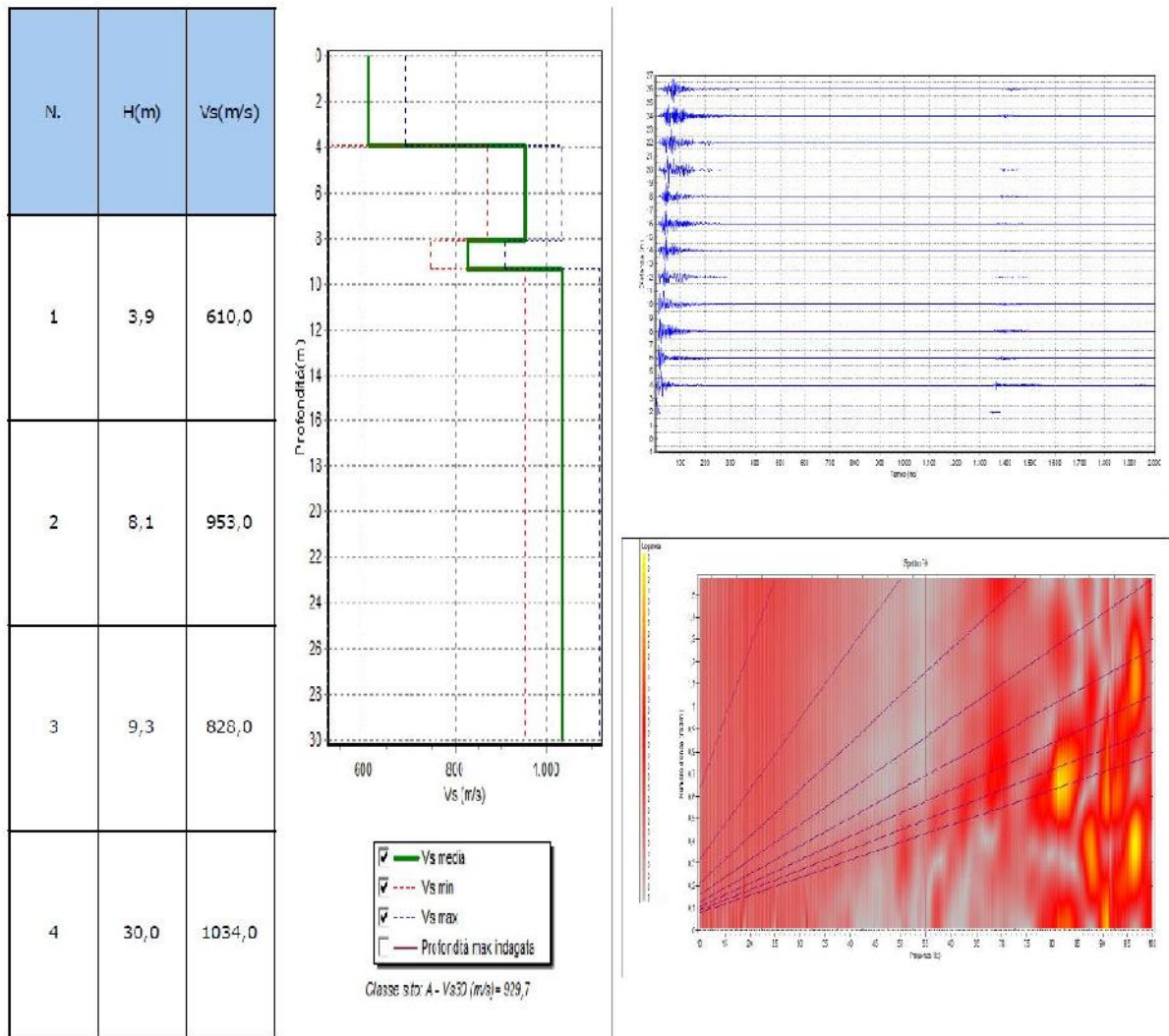
Cammarata 08/08/2017

Il Geologo  
Adolfo Massimiliano Cimino




## Riassunto interpretazione MASW M1



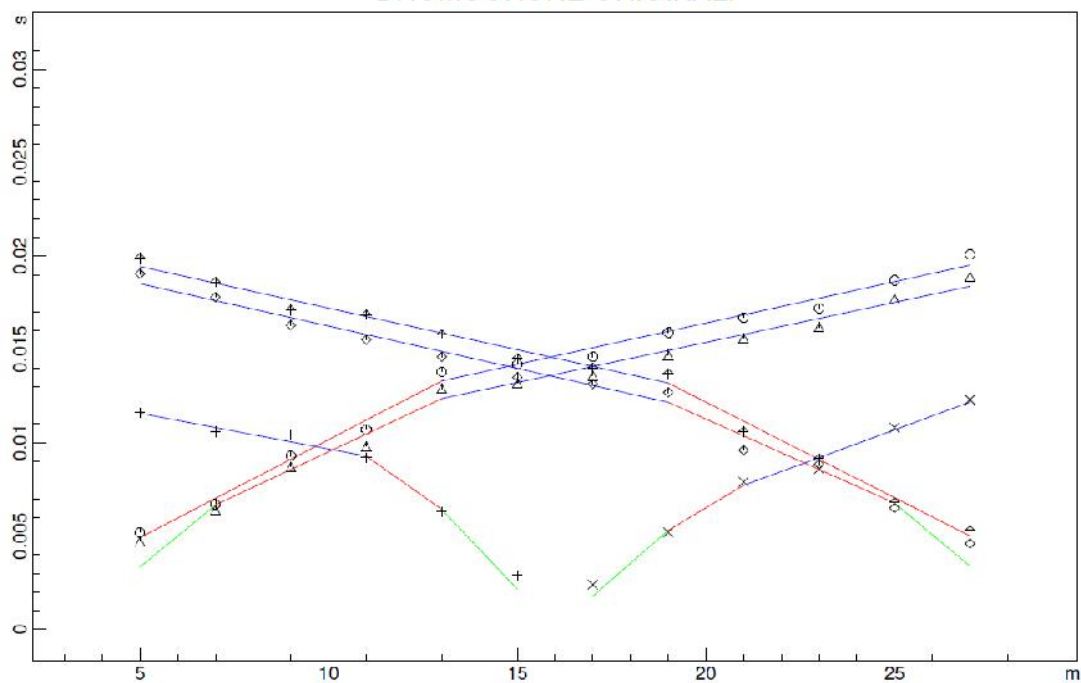
Comune di Lampedusa - Ampliamento Cimitero Comunale - C.da Cala Pisana

## 7.1 REPORT MASW

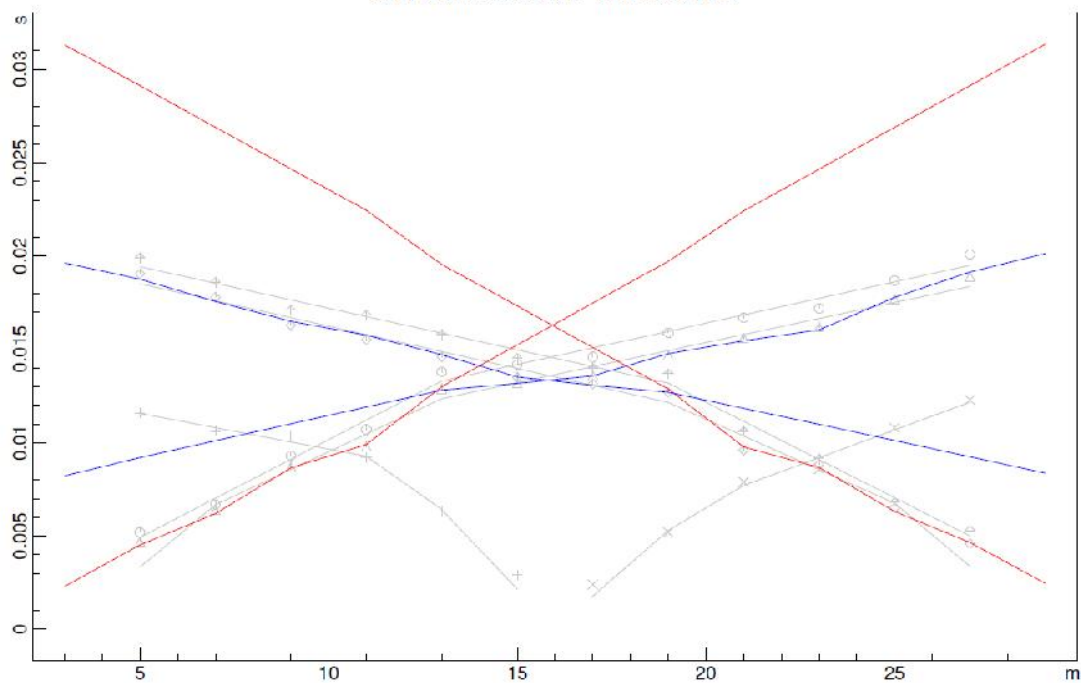


Sondaggio Sismico a Rifrazione N.1  
Comune di Lampedusa  
Ampliamento Cimitero

DROMOCRONE ORIGINALI



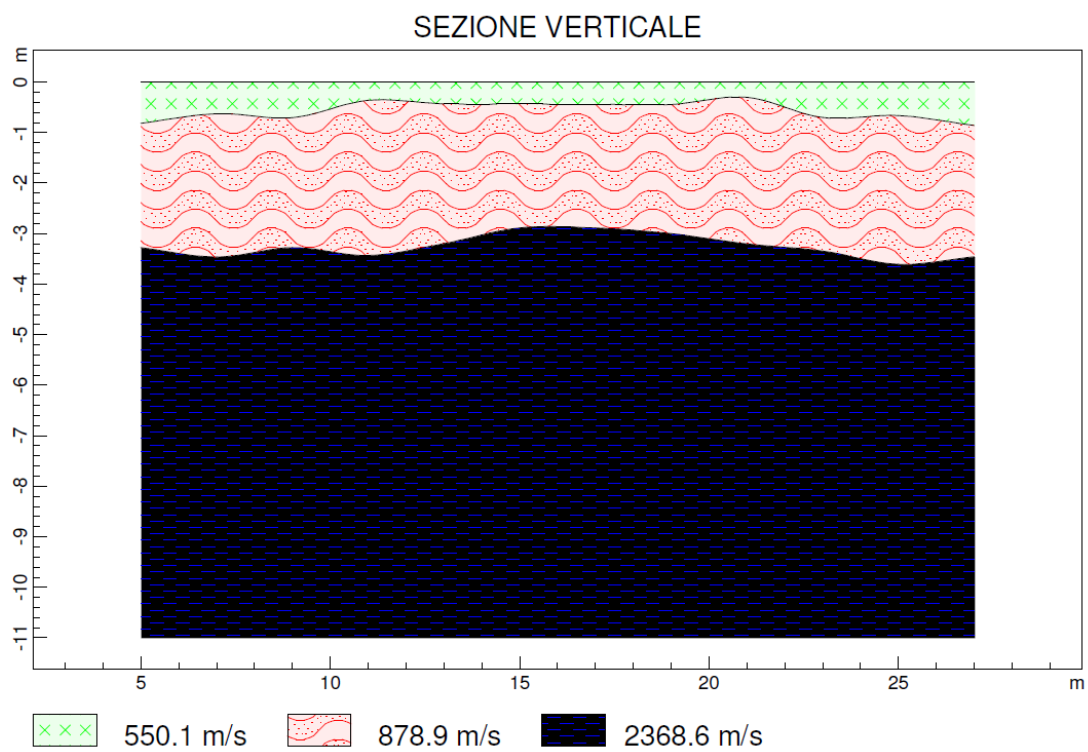
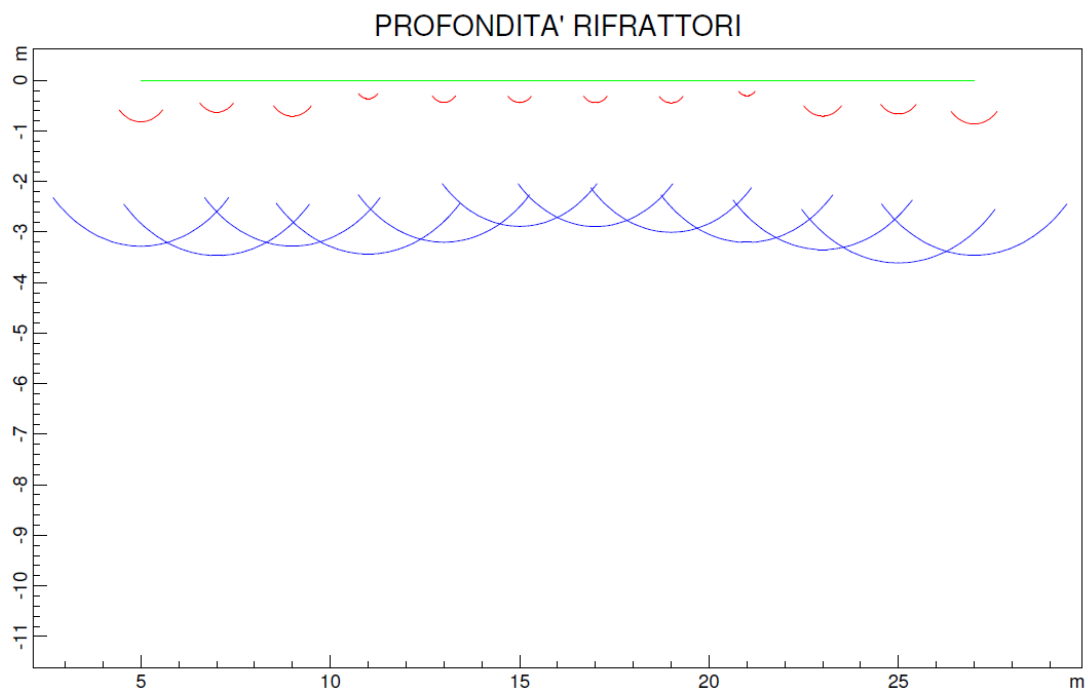
DROMOCRONE TRASLATE



www.geosoft.com

7.2 DROMOCRONE SONDAGGIO SISMICO

Sondaggio Sismico a Rifrazione N.1  
Comune di Lampedusa  
Ampliamento Cimitero



www.geoandsoft.com

### 7.3 SEZIONE SISMICA

Sondaggio Sismico a Rifrazione N.1  
Comune di Lampedusa  
Ampliamento Cimitero

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	SS1_1.dat
3.00	0.00	SS1_2.dat
16.00	0.00	SS1_3.dat
29.00	0.00	SS1_4.dat
31.00	0.00	SS1_5.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 3 [ms]	FBP da 16 [ms]	FBP da 29 [ms]	FBP da 31 [ms]
1	5.00	0.00	5.20	4.70	11.60	19.05	19.90
2	7.00	0.00	6.70	6.40	10.60	17.80	18.60
3	9.00	0.00	9.30	8.70	10.40	16.30	17.10
4	11.00	0.00	10.70	9.80	9.20	15.52	16.85
5	13.00	0.00	13.80	12.90	6.30	14.60	15.80
6	15.00	0.00	14.20	13.20	2.90	13.50	14.52
7	17.00	0.00	14.60	13.60	2.40	13.15	14.00
8	19.00	0.00	15.90	14.70	5.20	12.70	13.70
9	21.00	0.00	16.70	15.60	7.90	9.60	10.60
10	23.00	0.00	17.20	16.20	8.60	8.85	9.15
11	25.00	0.00	18.70	17.70	10.80	6.50	6.80
12	27.00	0.00	20.09	18.90	12.30	4.60	5.30

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	0.8	3.3
2	0.6	3.5
3	0.7	3.3
4	0.4	3.4
5	0.4	3.2
6	0.4	2.9
7	0.4	2.9
8	0.4	3.0
9	0.3	3.2
10	0.7	3.3
11	0.7	3.6
12	0.9	3.5

VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	550.1
2	878.9
3	2368.6

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DM-30 (60°)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1ª ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa $\approx$ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

## 7.5 CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO

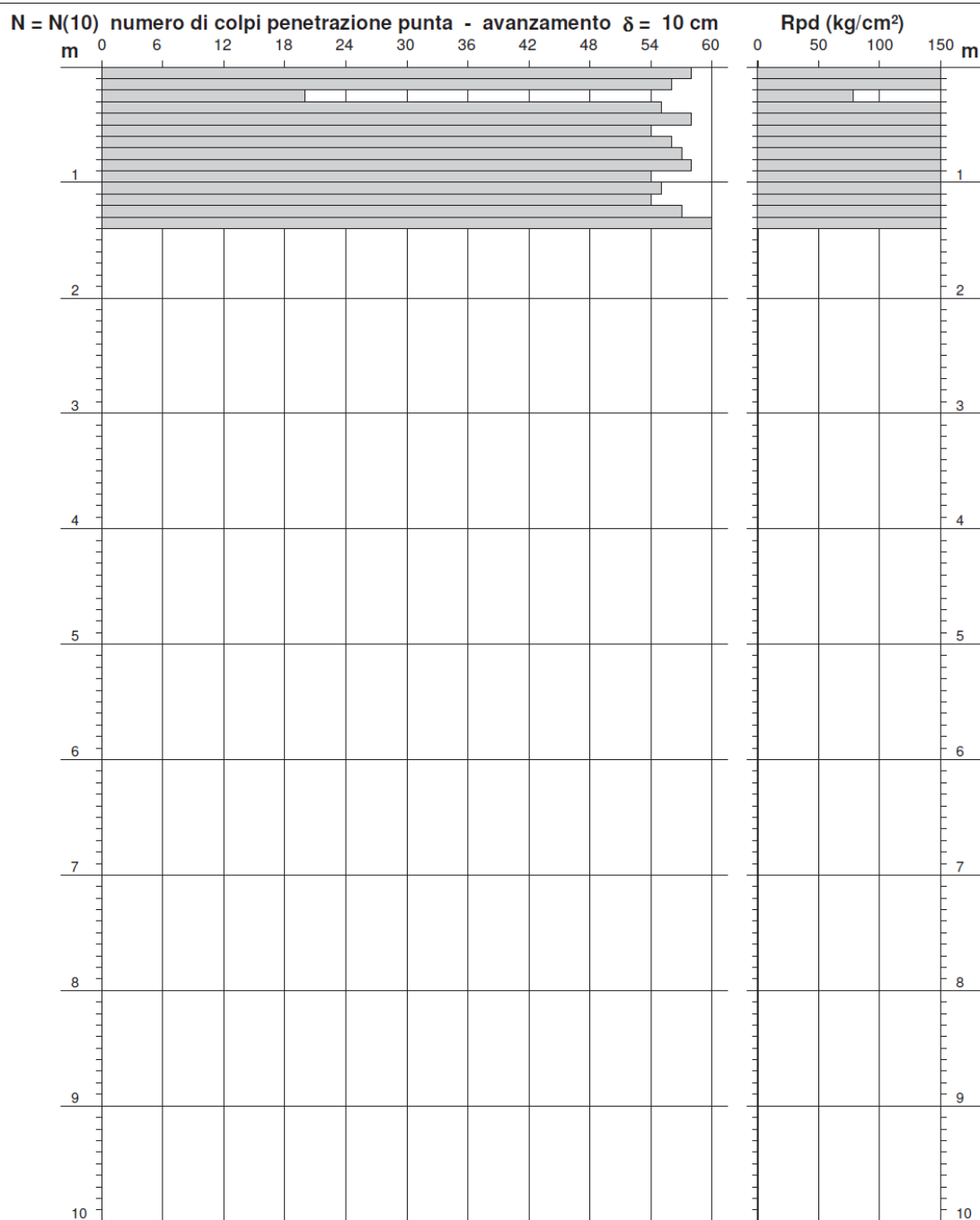
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Comune di Lampedusa  
 - lavoro : Ampliamento Cimitero  
 - località : C.da Cala Pisana - Lampedusa  
 - note :

- data : 24/07/2017  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



7.6 GRAFICO PENTROMETRICA P1

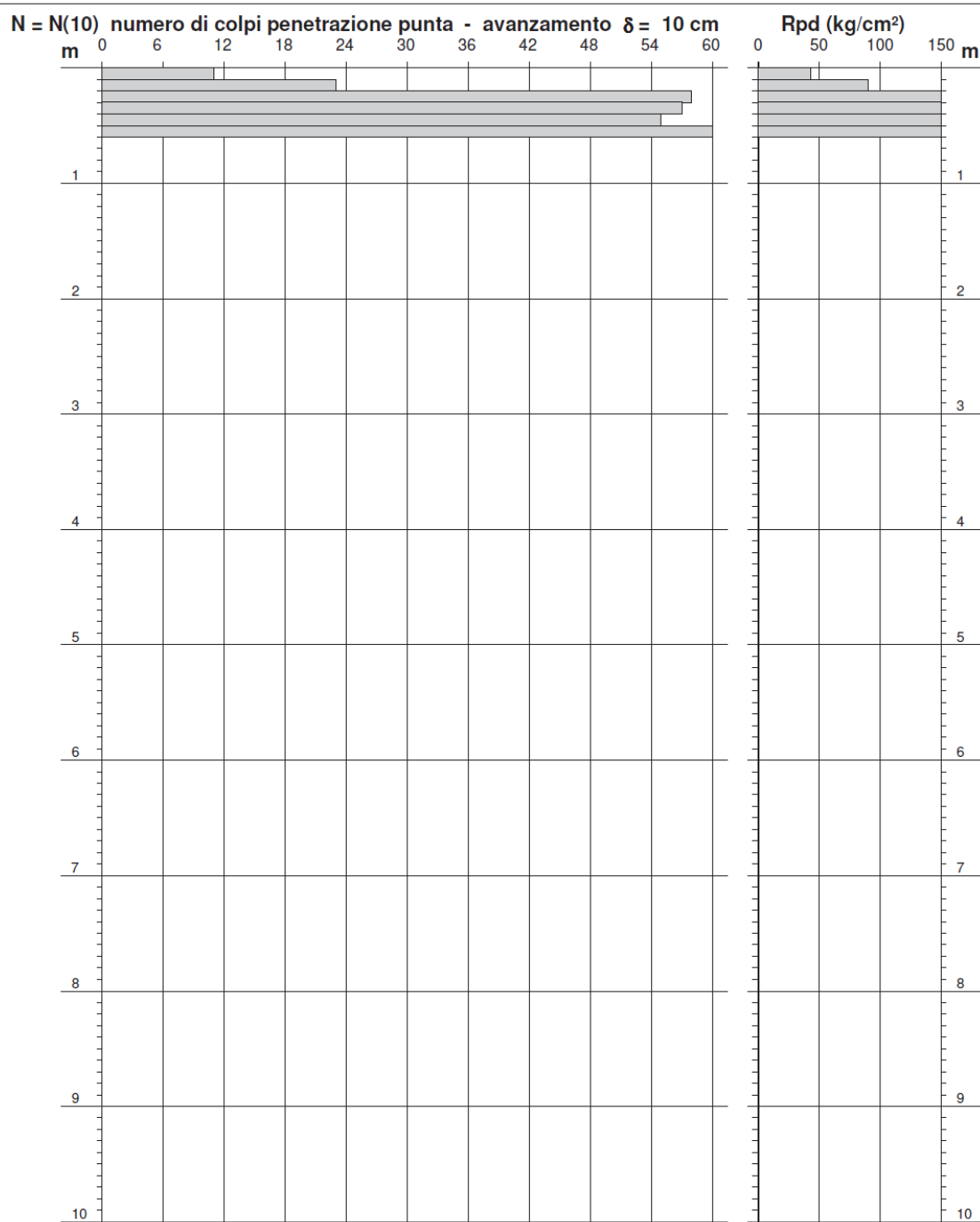
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Comune di Lampedusa  
 - lavoro : Ampliamento Cimitero  
 - località : C.da Cala Pisana - Lampedusa  
 - note :

- data : 24/07/2017  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



7.7 GRAFICO PENETROMETRICA P2

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Comune di Lampedusa  
- lavoro : Ampliamento Cimitero  
- località : C.da Cala Pisana - Lampedusa  
- note :

- data : 24/07/2017  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	58	227,0	1	0,70 - 0,80	57	223,0	1
0,10 - 0,20	56	219,1	1	0,80 - 0,90	58	215,7	2
0,20 - 0,30	20	78,3	1	0,90 - 1,00	54	200,8	2
0,30 - 0,40	55	215,2	1	1,00 - 1,10	55	204,5	2
0,40 - 0,50	58	227,0	1	1,10 - 1,20	54	200,8	2
0,50 - 0,60	54	211,3	1	1,20 - 1,30	57	212,0	2
0,60 - 0,70	56	219,1	1	1,30 - 1,40	60	223,1	2

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Comune di Lampedusa  
- lavoro : Ampliamento Cimitero  
- località : C.da Cala Pisana - Lampedusa  
- note :

- data : 24/07/2017  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,30	N Rpd	44,7 174,8	20 78	58 227	32,3 126,5	---	---	---	45 176	0,77	34
2	0,30 1,40	N Rpd	56,2 213,9	54 201	60 227	55,1 207,4	2,0 9,0	54,2 204,9	58,2 222,9	56 213	0,77	43

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm ) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.30	terreno di riporto	34	69.0	37.0	453	2.07	1.72	---	---	---	---
2	0.30 1.40	sabbia addensata e arenaria	43	78.0	39.3	523	2.11	1.79	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## 7.8 ELABORAZIONE PENETROMETRICA P1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 2**

- committente : Comune di Lampedusa  
- lavoro : Ampliamento Cimitero  
- località : C.da Cala Pisana - Lampedusa  
- note :

- data : 24/07/2017  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	11	43,0	1	0,30 - 0,40	57	223,0	1
0,10 - 0,20	23	90,0	1	0,40 - 0,50	55	215,2	1
0,20 - 0,30	58	227,0	1	0,50 - 0,60	60	234,8	1

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 2**

- committente : Comune di Lampedusa  
- lavoro : Ampliamento Cimitero  
- località : C.da Cala Pisana - Lampedusa  
- note :

- data : 24/07/2017  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,20	N Rpd	17,0 66,5	11 43	23 90	14,0 54,8	---	---	---	17 67	0,77	13
2	0,20 0,60	N Rpd	57,5 225,0	55 215	60 235	56,3 220,1	---	---	---	58 227	0,77	44

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm )    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 2**

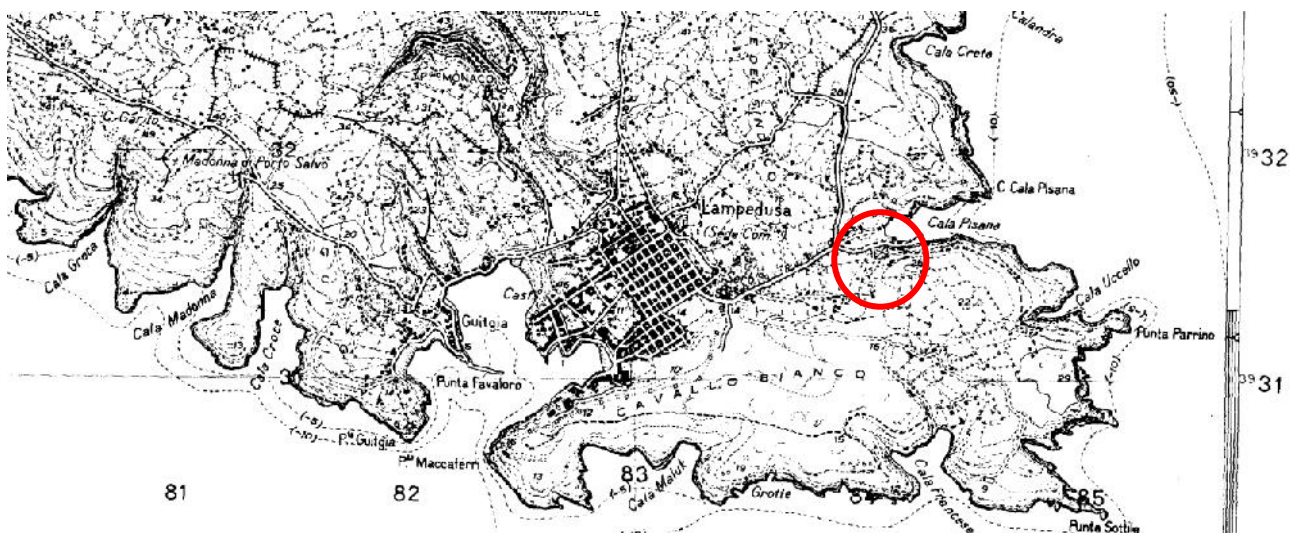
n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.20	terreno agrario	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	---	---	---	---
2	0.20 0.60	sabbia addensata e arenaria	44	79.0	39.5	531	2.12	1.80	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

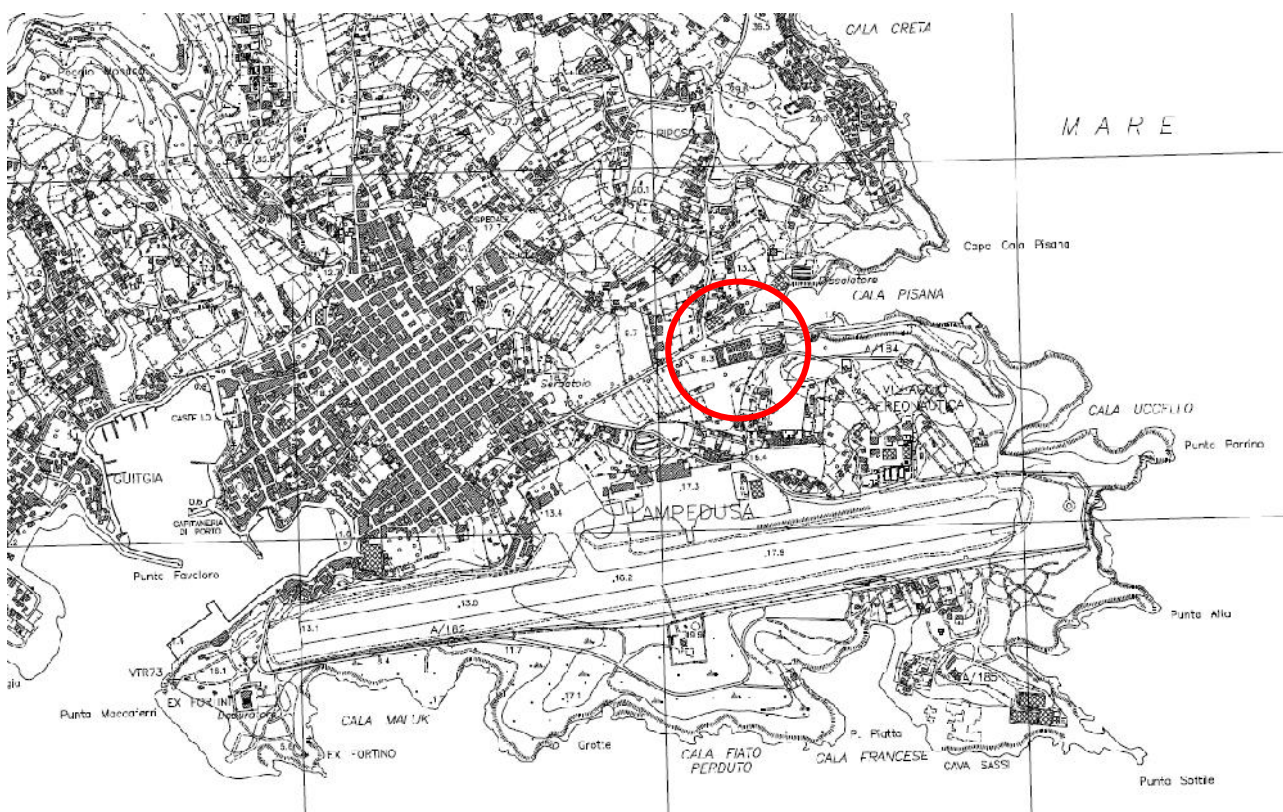
DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## 7.9 ELABORAZIONE PENETROMETRICA P2





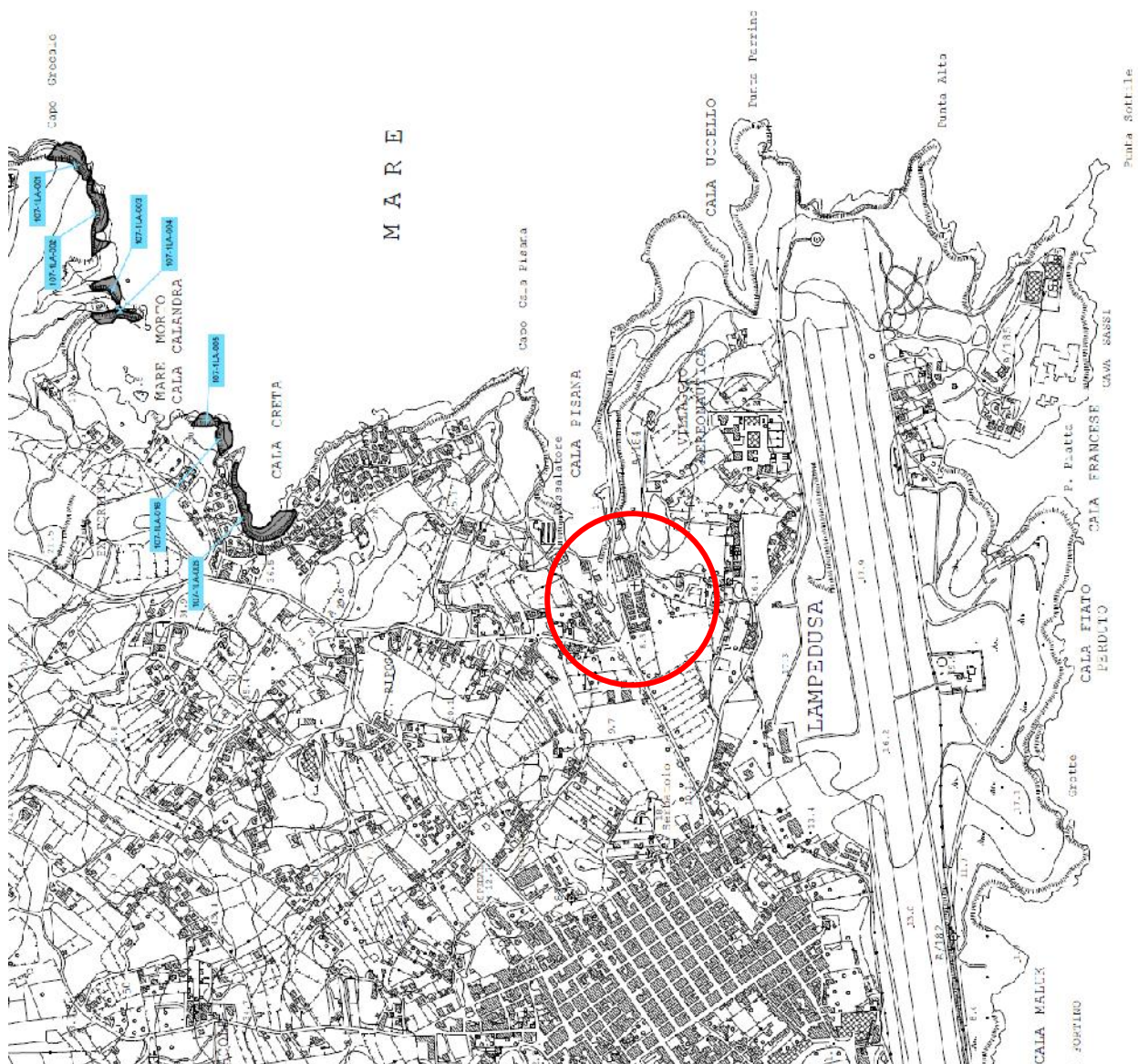
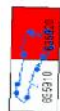
7.10 STRALCIO CARTA IGM 1:25000 FOGLIO 265 II SO "LAMPEDUSA"



7.11 STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE n. 635920 "LAMPEDUSA" SCALA 1:10000

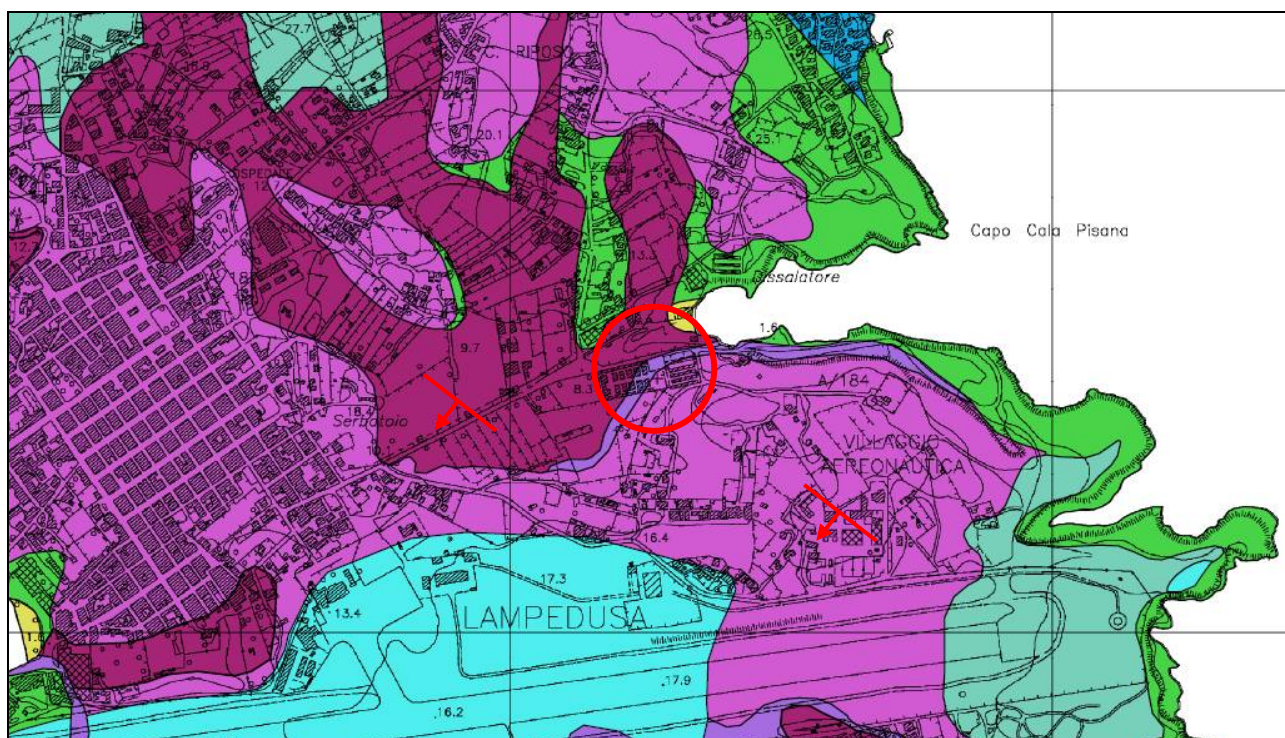
















7.13 STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO SCALA 1:10000





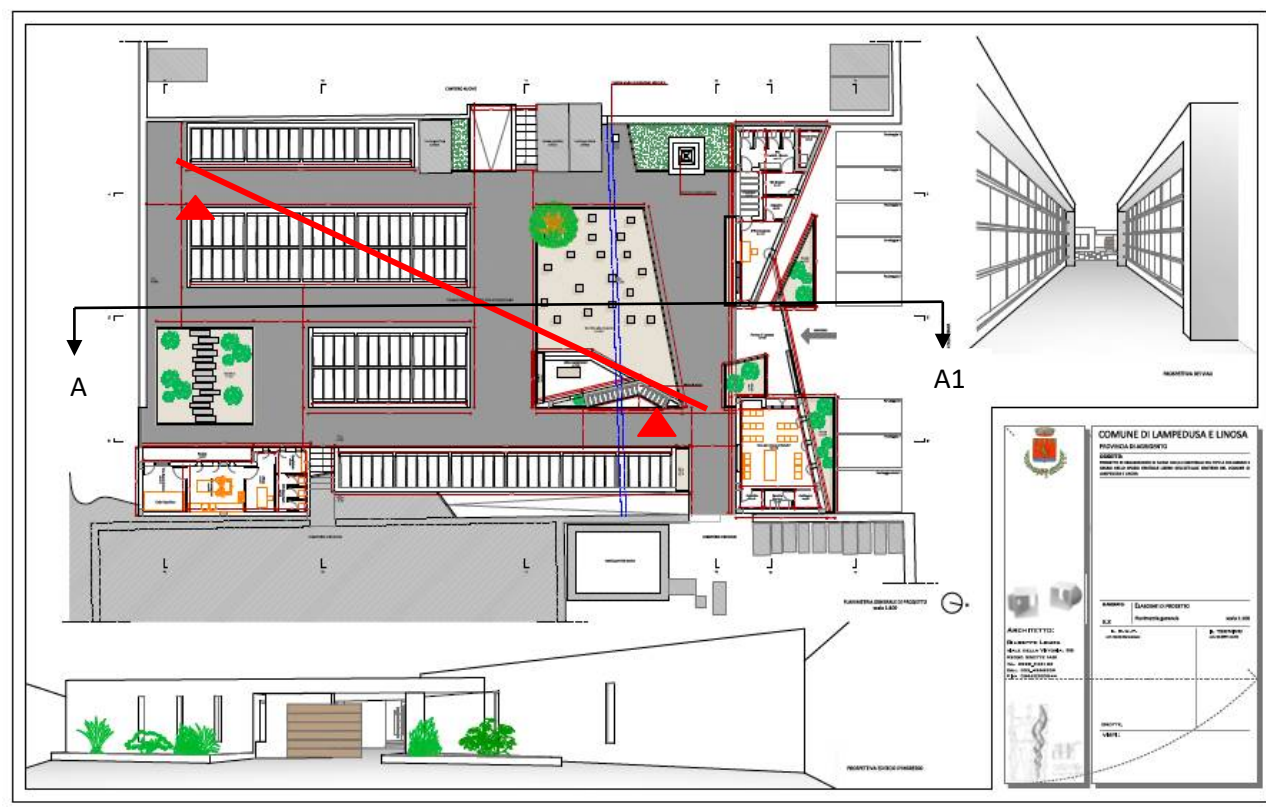
7.14 CARTA GEOLOGICA SCALA 1.10000

-  BRECCIE AD ELEMENTI CARBONATICI CON MATRICE COSTITUITA DA TERRA ROSSA
-  STRATI DEL VALLONE IMBRIACOLI
-  STRATI DI PUNTA MACCAFERRI
-  SUPERFICI TERRAZZATE E SPIANATE D'ABRASIONE CON LIMITATI LEMBI DI GHIAIE
-  SABBIE EOLICHE IN PREVALENZA CARBONATICHE A STRATIFICAZIONE INCROCIATA
-  STRATI DI PUNTA GUITJA
-  LAMINITI DOLOMITICHE E CALCARI STROMATOLITICI SOTTILMENTE STRATIFICATI
-  SPIAGGE ATTUALI
-  SITO PROGETTO
-  IMMERSIONE



7.15 CARTA GEOLOGICA SCALA 1.5000

- BRECCIE AD ELEMENTI CARBONATICI CON MATRICE COSTITUITA DA TERRA ROSSA
- STRATI DEL VALLONE IMBRIACOLI
- STRATI DI PUNTA GUITJA
- STRATI DI PUNTA MACCAFERRI
- SPIAGGE ATTUALI
- SITO PROGETTO
- IMMERSIONE



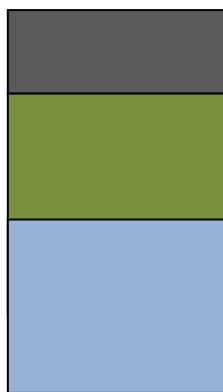
7.16 PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE PROVE

▲ Ubicazione prove penetrometriche

— Stese sismiche

↔ Sezione litostratigrafica

## 7.17 SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA



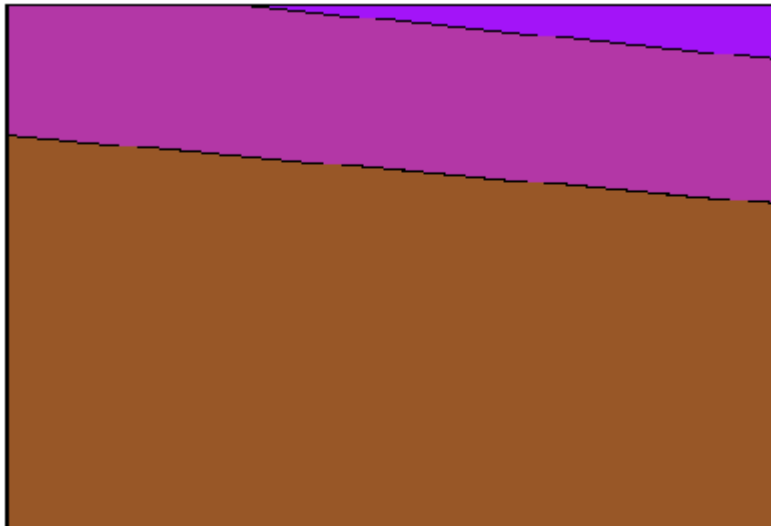
strato n.1 (da 0.00m a -0.50m) - terreno agrario e/o riporto

strato n.2 (da -0.50m a -3.30m) – sabbia addensata e/o calcarenite  
debolmente cementata

strato n.3 (oltre -3.30m) – calcareniti

A1

A



BRECCE AD ELEMENTI CARBONATICI CON MATRICE COSTITUITA DA TERRA ROSSA

STRATI DEL VALLONE IMBRIACOLI

STRATI DI PUNTA GUITJA



## 7.18 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

