



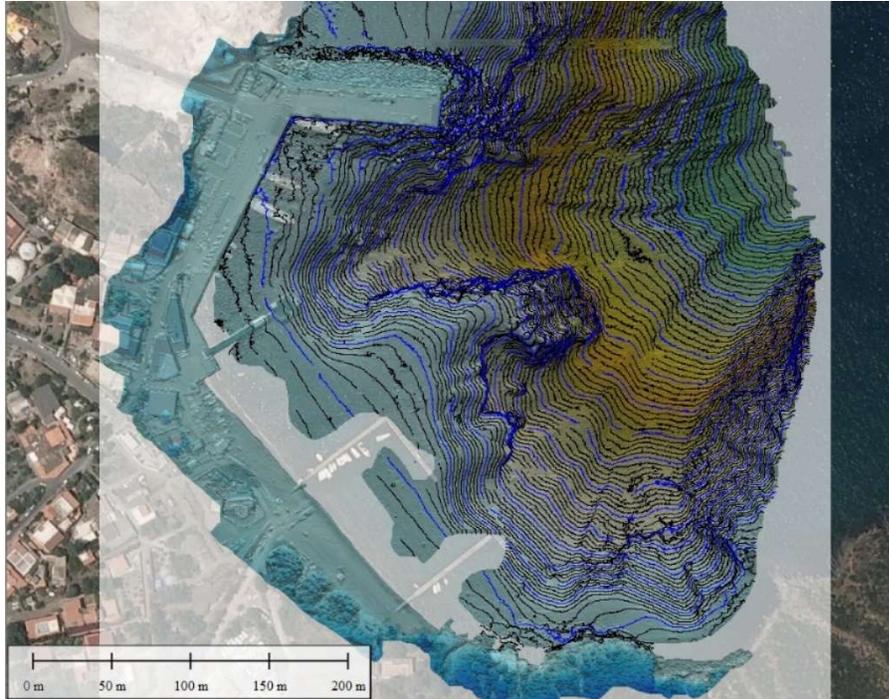
COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



COMUNE DI LIPARI (ME)

**PROGETTO:** “messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### RELAZIONE TECNICA

➤ **Comune di Lipari – Isola di Vulcano**

DOCUMENTO N.: P1522\_20-RTC\_Vulcano\_R00



COMUNE DI LIPARI (ME)

Revisione	Data	Descrizione	Redatta	Controllata	Approvata	Approvazione del Cliente
Rev.00	06/07/2020	Relazione Tecnica	BRD	GFA	ARA	

Questo documento è stato realizzato nel rispetto delle regole stabilite dal sistema di gestione qualità ISO 9001:2015 valutato da RINA S.p.a. e coperto dal certificato numero 38271/19/S. Questo documento è proprietà di Geonautics Srl. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta. This document was produced in the compliance with quality management system ISO 9001:2015 assessed by RINA S.p.a. and covered by accreditation number 38271/19/S.

This document is property of Geonautics srl. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## INDICE DELLE REVISIONI

Rev. No.	Scopo	Descrizione della Revisione
REV00	Prima Emissione	



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## SOMMARIO

INDICE DELLE REVISIONI .....	2
SOMMARIO.....	3
INDICE DELLE FIGURE .....	4
INDICE DELLE TABELLE.....	5
1 INTRODUZIONE E RIFERIMENTI GENERALI.....	6
1.1 Introduzione e Scopo del lavoro.....	6
1.3 Inquadramento e geomorfologia ed informazioni disponibili dell'area di Indagine.....	7
1.4 Inquadramento geologico Isole Eolie .....	8
1.4.1 Inquadramento geologico Isola di Vulcano .....	8
2 CANTIERIZZAZIONE .....	11
2.1 Calendario Lavori.....	11
2.2 Personale Impiegato.....	12
2.3 Risorse Strumentali .....	14
3. PROCEDURE E METODOLOGIE DI carotaggio .....	15
3.1 Mobilitazione.....	15
3.2 Mezzi impiegati.....	17
3.2.1 Imbarcazione a supporto dei carotaggi.....	21
3.2.2 Posizionamento mezzo navale .....	22
3.2.2.1 Sistema di Posizionamento Superficiale.....	22
3.3 Indagini geognostiche integrative .....	23
3.3.1 Sondaggi geognostici .....	23
3.3.2 Campionamento geotecnico .....	24
3.3.3 PROVE S.P.T. ....	26
3.3.4 Modello stratigrafico .....	33
3.4 Piano di caratterizzazione.....	35
3.4.1 Perforazione Ambientale.....	35
3.4.2 Campionamento ambientale.....	35
6 ALLEGATI.....	38



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di Vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1</b> – In evidenza i punti da investigare al porto di Vulcano (ME). In verde sono raffigurati i sondaggi ambientali, in rosso i sondaggi geognostici .....	7
<b>Figura 2</b> – Carta geologica dell'isola di Vulcano. il cerchio evidenziato in arancione raffigura il sito in studio ricadente nel porto di levante di Vulcano (ME). .....	10
<b>Figura 3</b> – Organigramma aziendale Geonautics e ruoli del personale coinvolto nelle attività. ....	13
<b>Figura 4</b> – Fasi della mobilitazione della sonda perforatrice oledinamica, del personale e delle attrezzature.....	17
<b>Figura 5</b> – Moto Pontone albatros ormeggiato con la sonda perforatrice EGT MD 710 già installata a bordo. ....	19
<b>Figura 6</b> – Caratteristiche tecniche della sonda perforatrice oleodinamica a rotazione “EGT MD 710”. .....	20
<b>Figura 7</b> – Motopontone Albatros impiegato per le attività di carotaggio, ormeggiato in banchina al porto di Vulcano. ....	21
<b>Figura 8</b> – Schema generale di funzionamento del sistema GPS e della ricezione della correzione RTK. ....	22
<b>Figura 9</b> – Schema generale del sistema di perforazione a carotaggio continuo con a corredo le apposite cassette catalogatrici in pvc .....	23
<b>Figura 10</b> – Sistema Schema della prova SPT. ....	26
<b>Figura 11</b> – Esecuzione della prova standard penetration test SPT. ....	26
<b>Figura 12</b> Esempio di diagramma sforzo verticale efficace / coefficiente N .....	28
<b>Figura 13</b> – modello di ricostruzione profilo stratigrafico .....	34
<b>Figura 14</b> – In evidenza i punti da investigare al porto di Vulcano (ME). In verde sono raffigurati i sondaggi ambientali .....	37



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Tabella di riepilogo della campagna di indagini geognostiche e del piano di caratterizzazione ambientale. ....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 2 – Coordinate geografiche dei carotaggi .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabella 3 – Pianificazione e giornate impiegate per lo svolgimento delle attività .....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 4 - Risorse umane impiegate per lo svolgimento delle attività.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabella 5 - Risorse strumentali impiegate per lo svolgimento delle attività .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 6 - Campioni sondaggi geognostici porto isola di Vulcano .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 7 – dati prove S.P.T .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 8 – figure professionali dello staff Geonautics con le relative qualifiche e contatti e-mail</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 9 – Coordinate UTM in WGS84 – 33 S dei carotaggi ambientali.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 10 - Elenco degli allegati.....</i>	<i>38</i>



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di Vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## 1 INTRODUZIONE E RIFERIMENTI GENERALI

### 1.1 Introduzione e Scopo del lavoro

In seguito all'incarico ricevuto dal Comune di Lipari, nell'ambito della “messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di Vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.”, la Geonautics S.r.l. ha svolto il servizio di esecuzione delle attività di sondaggio geognostico-geotecnico e ambientale; campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti, finalizzati a fornire le informazioni puntuali utili che vanno a supporto nella fase progettuale e nella realizzazione dell'opera stessa **Tabella 1**

Nell'ambito del servizio in oggetto, con riferimento al porto di levante e ponente nell'isola di Vulcano appartenente al comune di Lipari (ME), sono stati svolti:

Sondaggio	Tipologia di Sondaggio	Lunghezza (m)	Cassette catalogatrici (n°)	Prove SPT	Campioni N°	
					geotecnica	ambientale
S1	Ambientale - geognostico	30.0	6	5	5	4
S2	Ambientale - geognostico	30.0	6	5	5	4
S3	geognostico	30.0	6	5	5	-
S4	geognostico	30.0	6	5	5	-
<b>Totale</b>	<b>4</b>	<b>120.0</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	

**Tabella 1** – Tabella di riepilogo della campagna di indagini geognostiche e del piano di caratterizzazione ambientale.

Scopo della presente relazione è la descrizione delle attività svolte, della strumentazione e delle metodologie operative impiegate nello svolgimento delle attività sopradescritte.

Oltre alle modalità operative, vengono discussi i principali risultati ottenuti dalle indagini compiute, con particolare riferimento alla caratterizzazione ambientale e ricostruzione dei parametri geotecnici degli strati investigati.

Le indagini, svolte nell'ambito dell'incarico ricevuto, sono state effettuate dal 15 al 20 giugno 2020 secondo il calendario riportato in **Tabella 3**.

Il presente elaborato tecnico, nonché tutti gli elaborati tecnici allegati a corredo racchiudono le informazioni richieste e concordate in fase di offerta tecnica-economica.

Geonautics è un'azienda che ha ottenuto la certificazione ISO9001:2015 su tutte le procedure eseguite per lo svolgimento delle proprie attività.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.

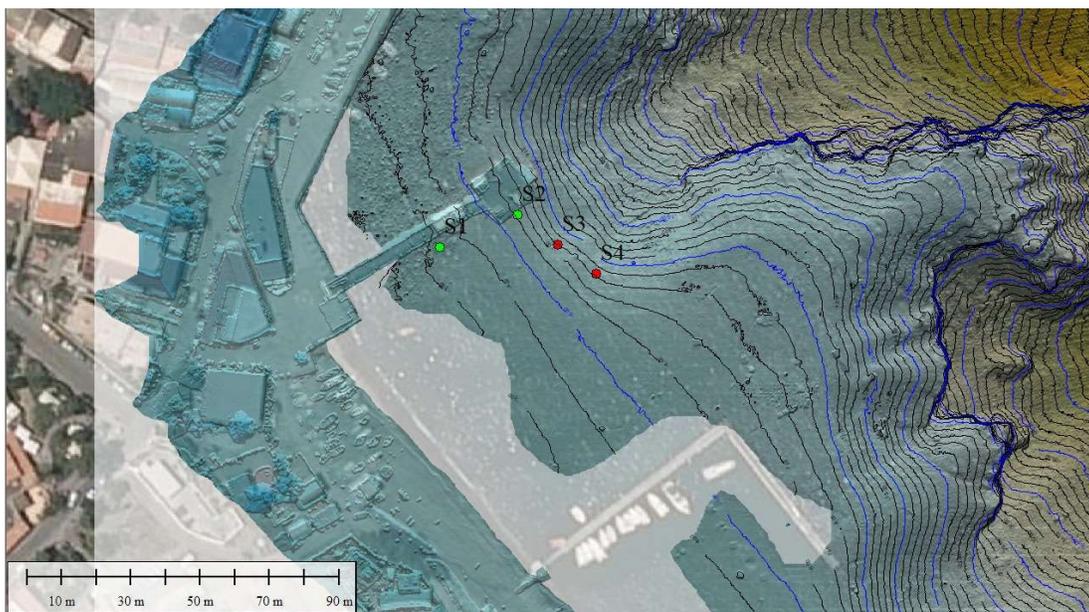


### 1.3 Inquadramento e geomorfologia ed informazioni disponibili dell'area di Indagine

L'isola di Vulcano è Amministrativamente appartenente alla provincia di Messina e appartiene al comune di Lipari. Vulcano è una delle sette isole dell'arcipelago eoliano, situata nel mar Tirreno a nord della Sicilia. È la terza per dimensioni (21 km<sup>2</sup>) e la più meridionale dell'arcipelago e insieme alle altre isole. Vulcano è distante circa 20 chilometri dalle coste siciliane. Con le isole di Salina e Lipari, Vulcano fa parte del sistema tettonico di Tindari-Letojanni, orientato NNO-SSE. Vulcano è caratterizzato dalle sue peculiari caratteristiche ecologiche terrestri e marine, dalla sua recente e affascinante storia geologica, nonché dal suo rilevante valore naturalistico. L'isola di Vulcano è caratterizzata da aree interessate da fenomeni di vulcanismo e di idrodinamismo unici nel Tirreno, oggetto di studio da parte di studiosi di tutto il mondo in particolare per le biocenosi delle zone caratterizzate da idrotermalismo.

Il sito di stretto interesse è localizzato a livello del bacino portuale di Vulcano e più precisamente ricade nell'area prossimale al molo foraneo, collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo del porto di levante, (*Figura 1*).

Il porto di levante sorge su un comprensorio sub-pianeggiante che unito al porto di ponente crea una zona di separazione tra il gran cratere e la penisola di vulcanello la quale è composta da due ampie baie di levante e di ponente, caratterizzate da sabbie nere di origine vulcanica e da attività fumarolica.



**Figura 1** – In evidenza i punti da investigare al porto di Vulcano (ME). In verde sono raffigurati i sondaggi ambientali, in rosso i sondaggi geognostici

**Tabella 2** – Coordinate geografiche dei carotaggi

ID Point	LAT	LONG
S1	38°24'50.72"N	14°57'38.23"E
S2	38°24'51.11"N	14°57'39.05"E
S3	38°24'50.75"N	14°57'39.63"E
S4	38°24'50.48"N	14°57'40.08"E



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## 1.4 Inquadramento geologico Isole Eolie

La genesi delle Isole Eolie, risulta essere strutturalmente legata alla geodinamica del bacino mediterraneo, in particolare alla collisione tra la zolla africana e quella europea che ha determinato, nel tempo, la sutura dell'antico bacino interposto denominato Tetide. Il gruppo di isole dell'arcipelago eoliano costituiscono un insieme di rocce aventi caratteristiche calc-alcaline da medie a forti. La più antica è Panarea (risalente al periodo interglaciale Gunz-Mindel), nelle successive interglaciazioni si ebbero i primi eventi vulcanici che segnarono la formazione delle altre isole. Dal punto di vista petrografico le vulcaniti calc-alcaline dell'arcipelago Eoliano mostrano i caratteri simili a quelli delle tipiche Andesiti di margine continentale. Secondo un filone di pensiero i dati sismici e petrochimici non sono favorevoli nel ritenere le isole Eolie come un sistema del tipo arco insulare, quali quelli della cintura Circumpacifica; pertanto non può essere sostenuta con ampia sicurezza, l'origine dei magmi eoliani da uno slab in subduzione. Un'altra corrente di pensiero ritiene che l'assenza di sismi tra i 100 e 200 Km di profondità sia da imputare al distacco del piano di Benjoff in subduzione, la cui parte terminale, più profonda, stia sprofondando nella astenosfera. A supporto di questa teoria si ascrive l'evoluzione in senso shoshonitica del vulcanismo eoliano, caratterizzato da basalti shoshonitici fino a riolitici che marca gli stadi senili dell'evoluzione dei prodotti emessi. Inoltre, la presenza di crosta continentale tra le placche viene visto come un'ulteriore conferma che il fenomeno di subduzione di litosfera oceanica sia in fase di esaurimento. L'arco vulcanico generato dai suddetti processi geo-magmatici è costituito da sette isole e da diversi vulcani sottomarini (Marsili, ecc). Le due principali fasi di attività portarono, dapprima alla formazione delle isole di Alicudi, Filicudi, Panarea e, successivamente, alla nascita delle isole di Stromboli, Salina, Vulcano e Lipari.

### 1.4.1 Inquadramento geologico Isola di Vulcano

L'isola di Vulcano, terza per dimensioni (22 km<sup>2</sup>), è la più meridionale dell'arcipelago, e dista non più di 20 km dalla costa settentrionale della Sicilia. Come tutte le altre isole, consiste interamente di rocce vulcaniche ed insieme con Stromboli, è l'unica che presenti ancora un'attività vulcanica. Dall'ultima eruzione, nel 1888-1890, Vulcano è entrato in uno stato di diffusa attività fumarolica, visibile sulla spiaggia di Porto di Levante e sul cratere della Fossa di Vulcano, accompagnata da terremoti e da rigonfiamenti dei fianchi del cono. L'eruzione del 1888-1890 ha presentato delle caratteristiche peculiari che hanno giustificato l'introduzione dell'espressione eruzione vulcaniana per classificare tutte le eruzioni con caratteristiche simili (*Mercalli, 1907*).

L'isola, che s'innalza per più di 600 metri da una profondità di più di 1000 m (*Gabbianelli et al. 1991*), sorge, insieme con Lipari e Salina, lungo una struttura litosferica ribassata, orientata NNO-SSE, formatasi per i movimenti distensivi avvenuti negli ultimi 200 ka, responsabili anche dello sprofondamento del basamento ercinico (*Barberi et al. 1994*). Inoltre, la presenza della faglia trascorrente destra "Tindari-Letojanni" (*Ghisetti, 1979, Gasparini et al. 1985 e Fabbri et al. 1980*), potrebbe essere la responsabile dei principali collassi strutturali avvenuti a Vulcano.

L'attività magmatica subaerea è iniziata circa 120 ka fa, alla fine dell'ultima oscillazione del livello del mare, alternando fasi di emissione magmatica a collassi vulcano-tettonici e generando, in questo modo, una complessa ed articolata morfologia. La prima carta geologica è di *Keller (1980b)*, poi seguita da numerosi lavori di dettaglio finalizzati alla ricostruzione di alcune particolari sequenze eruttive sull'isola (*Frazzetta et al. 1983, De Astis et al. 1989 e Gurrieri et al. 1991*). Grazie a questi lavori è stato possibile identificare 6 periodi di attività sull'isola:

**Periodo I** - L'attività di Vulcano Primordiale è iniziata 113 ka fa (*De Astis et al. 1989 e Frazzetta et al. 1983*) (datazioni K/Ar), con emissioni di lave tipo "aa" intercalate a scorie che hanno formato un



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



vasto apparato centrale, i cui prodotti affiorano oggi lungo le coste occidentali, orientali e meridionali. La sua forma, allungata in direzione NW - SE, potrebbe essere stata causata dalla progressiva migrazione dei centri eruttivi lungo questa direzione. Sui versanti orientali del vulcano, i processi erosivi hanno portato alla luce sciami di dicchi con direzione radiale; solo alcuni di essi, tuttavia, appartengono a questo periodo. I collassi che si sono verificati hanno formato una caldera quasi perfettamente circolare (Caldera del Piano) troncata nella sua porzione settentrionale.

**Periodo II** - La seconda fase d'attività, è iniziata 98 - 78 ka fa da numerosi coni di scorie (M. Rosso, M. Molineddo, La Sommata, Piano Luccia) edificatisi all'interno della caldera, lungo faglie circolari esterne (circa 50 - 20 ka fa - Gelso, Quadrara, Spiaggia Lunga).

**Periodo III** - Nel terzo periodo di attività magmatica, circa 15 - 14 ka fa, si è formato il complesso di Lentia-Mastro Minico, i cui resti sono costituiti essenzialmente da cupole laviche esogene e colate molto viscosi. Le vulcaniti che affiorano lungo le alte coste nord-occidentali sono attraversate dalle faglie circolari che si sono formate quando la struttura centrale dell'apparato è collassato, formando la Caldera della Fossa.

**Periodo IV** - L'attività vulcanica è ripresa nuovamente all'interno della nuova depressione (Caldera della Fossa) fra 15 e 8 ka fa, con l'emissione di colate piroclastiche e colate di lava da vari centri periferici, alcuni dei quali localizzabili in mare aperto (Tufi di Grotte dei Rossi). Le lave basiche del Monte Saraceno (il picco più alto dell'isola) chiudono questa fase di attività.

**Periodo V** - Circa 5.5 ka fa, nella nuova caldera, si è formato il grosso e tozzo cono de La Fossa, costituito da piroclastiti e lave viscosi, alcune delle quali sono state emesse dal cono parassita di Forgia Vecchia (1727 d.C.). Dopo la crisi recente terminata nel 1995 e l'innalzamento delle temperature dei gas oltre i 700° C, il cratere è tornato alla normale attività fumarolica di media temperatura e qualche terremoto strumentale.

**Periodo VI** - L'ultimo apparato vulcanico è quello di Vulcanello, formatosi come una piccola isola forse nel 183 a.C. e successivamente collegato a Vulcano da un istmo sabbioso. È formato da tre o quattro centri d'emissione allineati in direzione ENE-WSW che hanno emesso sottili colate di lava alcalina e scarsa attività freatomagmatica. La piattaforma lavica di Vulcanello, tagliata da un sistema di faglie con direzione NW-SE e N-S. L'ultima eruzione è avvenuta nel XVI secolo d.C. con l'emissione della lava trachitica della Valle del Roveto. Alle prime fasi di Vulcanello si fa risalire anche la formazione del Faraglione di Vulcano Porto, un blocco di lave e piroclastiti completamente fumarolizzato.

Proprio sotto al paese di Vulcano Porto e lungo tutto l'istmo che collega Vulcano a Vulcanello, è possibile notare la presenza di manifestazioni termali (fumarole e fanghi caldi).

Le informazioni sulla geologia e sulle caratteristiche litostratigrafiche dell'area che comprende e circoscrive il sito in oggetto sono state desunte dai sondaggi geognostici eseguiti e consultabili nei profili stratigrafici dell'allegato 5 coadiuvato dallo studio della "Carta Geologica dell'isola di vulcano" (Figura 2)

In conclusione è possibile affermare, considerando le conoscenze delle caratteristiche litologiche dei prodotti vulcanici dell'area, che il sito sia verosimilmente caratterizzato da un'alternanza di, lave scoriacee, prodotti piroclastici e refusa lavica che si alternano a banconi lavici più o meno fratturati e fessurati. Questi prodotti vulcanici si possono assimilare a un unico litotipo formato dalla sovrapposizione di diverse colate laviche alternatesi nell'arco dei secoli che, nonostante facciano riferimento a eventi eruttivi diversi, mantengono delle caratteristiche geolitologiche del tutto similari.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di Vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo. Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.

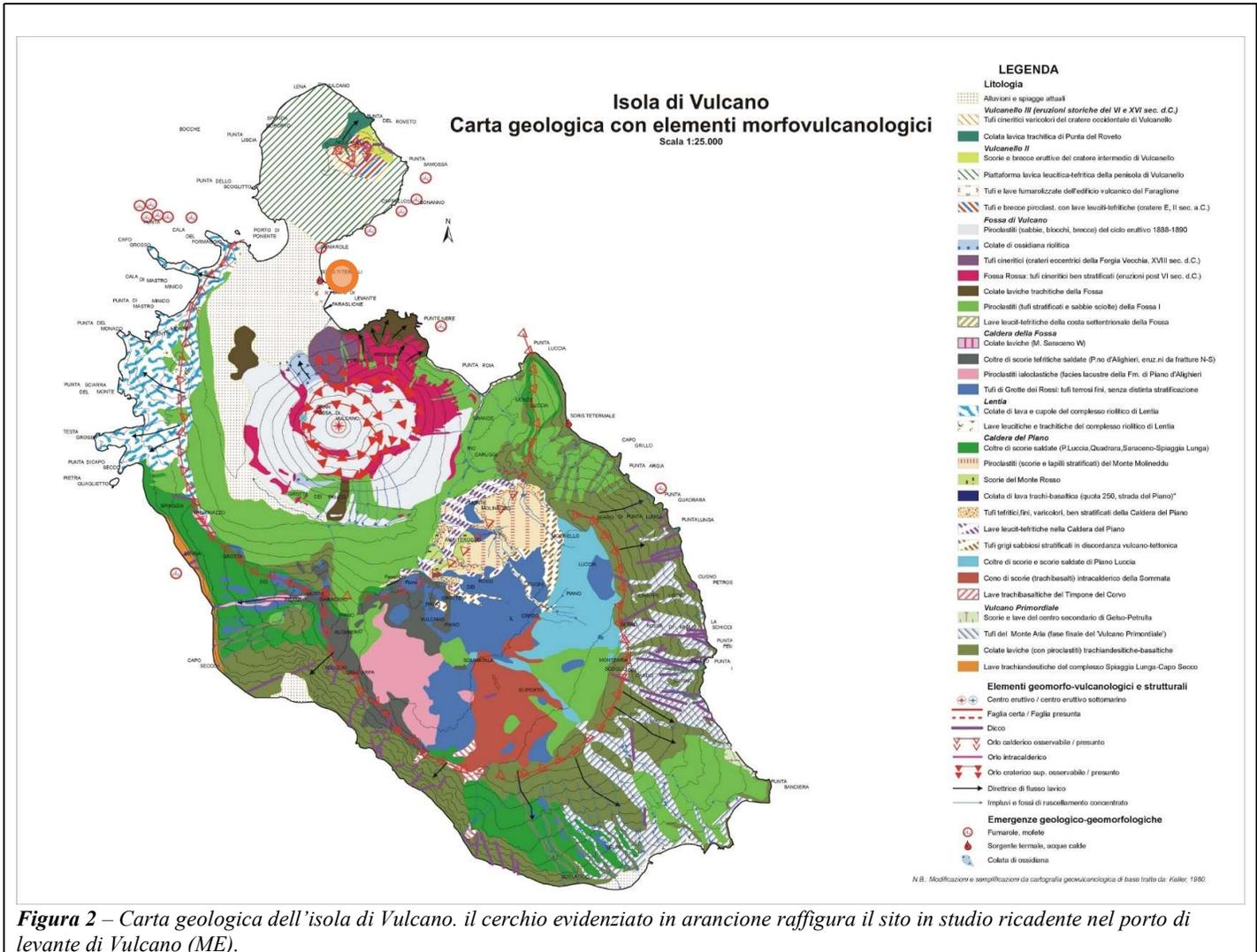


Figura 2 – Carta geologica dell'isola di Vulcano. il cerchio evidenziato in arancione raffigura il sito in studio ricadente nel porto di levante di Vulcano (ME).



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## 2 CANTIERIZZAZIONE

### 2.1 Calendario Lavori

I carotaggi ambientali e geognostici sono stati effettuati dal 15 al 20 giugno 2020 (*Tabella 3*).  
Le attività in campo sono state svolte nelle ore diurne ed in condizioni meteo marine adeguate.  
Le attività di analisi ed elaborazione dati sono iniziate il 06/07/2020 e completate con l'emissione del presente documento.

*Tabella 3 – Pianificazione e giornate impiegate per lo svolgimento delle attività*

	APR	MAG	GIU	LUG	AGO
<b>Richiesta Autorizzazioni e Pianificazione</b>	-	-	9	-	-
<b>Trasferimenti</b>	-	-	15	-	-
<b>Mobilizzazione - Demobilizzazione</b>	-	-	15 - 20	-	-
<b>Giornate Operative</b>	-	-	16 - 19	-	-
<b>Giornate di Standby meteo/Tecnico</b>	-	-	-	-	-
<b>Elaborazione Dati</b>	-	-	6	-	-

Per il dettaglio giornaliero delle attività svolte, vedasi i DPR - Daily Progress Report in **Allegato 2**.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.

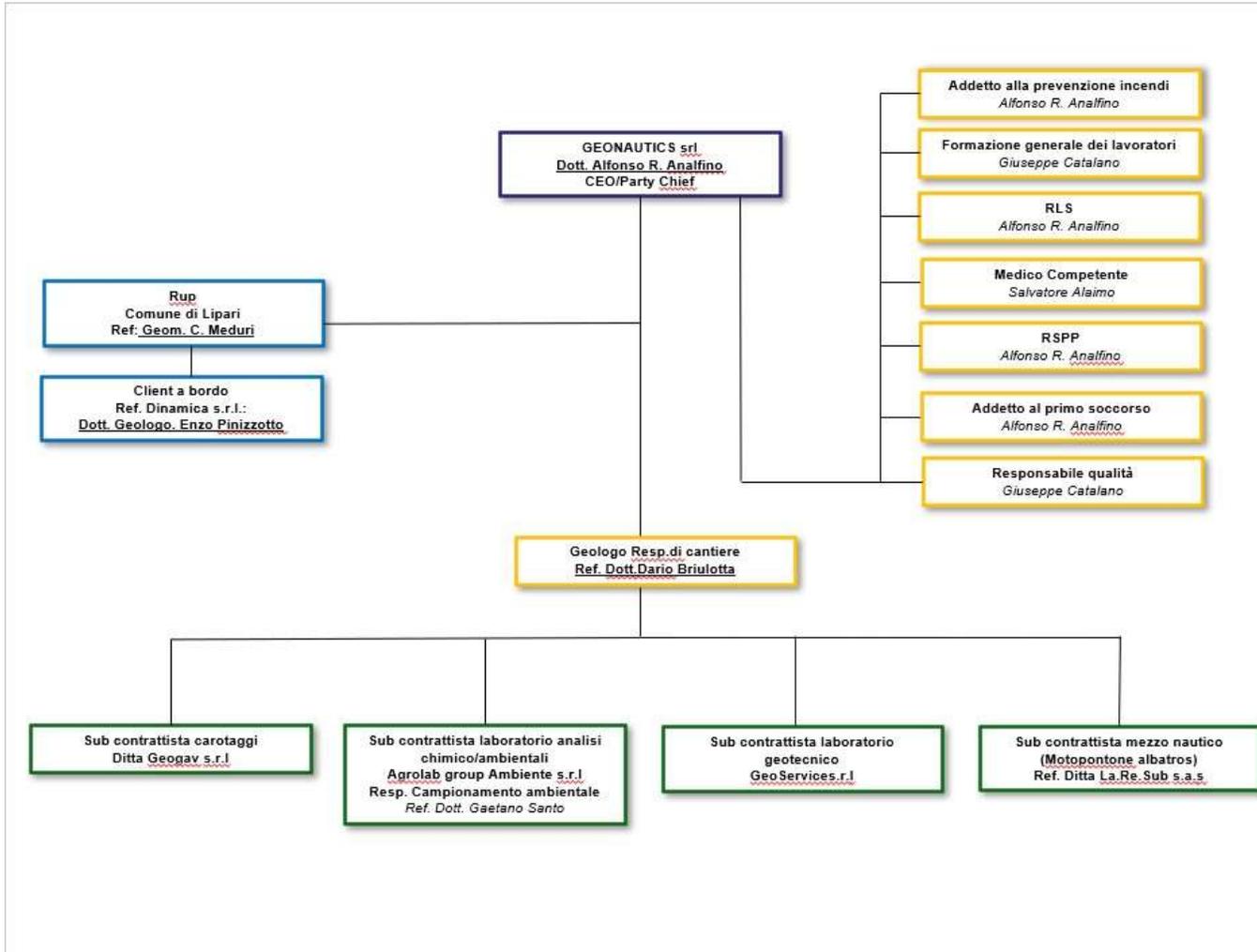


## 2.2 Personale Impiegato

Sulla base delle esigenze di progetto e tenendo conto delle procedure e delle metodologie proposte, il personale impiegato per lo svolgimento del servizio è stato il seguente (*Tabella 4 Figura 3*):

<i>Tabella 4 - Risorse umane impiegate per lo svolgimento delle attività</i>	
<b>COORDINAMENTO ATTIVITÀ</b>	
Client Supervisor	Dott. Enzo Pinizzotto
Party Chief	Dott. Alfonso R. Analfino
<b>ESECUZIONE CAROTAGGI</b>	
Party Chief	Dott. Alfonso R. Analfino
Geologo di cantiere	Dott. Dario Briulotta
Responsabile all'esecuzione del carotaggio	Sig. Francesco Alba
Operatore trivella	Sig. Salvatore Crapanzano
Operatore manovre aste di perforazione	Sig. Angelo Scibetta
<b>ESECUZIONE CAMPIONAMENTO AMBIENTALE</b>	
Chimico responsabile al campionamento ambientale	Dott. Gaetano Santo
<b>MEZZO NAUTICO IMPIEGATO PER LE OPERAZIONI DI CAROTAGGIO</b>	
Comandante / Responsabile sulla sicurezza sul motopontone	Sig. Rosario Costa
Responsabile operazioni di manovra del motopontone	Geom. Dino Costa
Addetto alle operazioni di manovre motopontone	Sig. Antonio Federico
<b>ELABORAZIONE DATI</b>	
Elaborazione prove di laboratorio geotecnico	Laboratorio analisi Geo Service s.r.l
Elaborazione analisi chimico/ambientali	Agrolab group ambiente s.r.l.
Elaborazione stratigrafie dei sondaggi geognostici	Dott. D. Briulotta
Reportistica	Dott. D. Briulotta

 <b>COMUNE DI LIPARI (ME)</b>	<p>“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell’isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.</p>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------



**Figura 3** – Organigramma aziendale Geonautics e ruoli del personale coinvolto nelle attività.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### 2.3 Risorse Strumentali

Viene di seguito riportata una lista della strumentazione **Tabella 5** utilizzata per i sondaggi geognostici/ambientali:

<b>Tabella 5 - Risorse strumentali impiegate per lo svolgimento delle attività</b>	
<b>CAROTAGGI AMBIENTALI E GEOGNOSTICI</b>	
<b>Mezzo di supporto esecuzione carotaggi</b>	Motopontone Albatros
<b>GPS</b>	Vector pro Hemisphere gps crescent V100 + gyro + correzione RTK ITALPOS
<b>Sonda perforatrice oleodinamica a rotazione</b>	EGT MD710
<b>Attrezzatura per esecuzione prove penetrometriche dinamiche SPT</b>	Campionatore tipo Raymond/ Massa battente/ Aste
<b>Indicatore di profondità batimetrica</b>	Scandaglio a mano/ ecoscandaglio SBES

Le caratteristiche tecniche e le relative schede strumentali sono riportate in **Allegato 1**.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### 3. PROCEDURE E METODOLOGIE DI CAROTAGGIO

#### 3.1 Mobilitazione

Le fasi delle operazioni di mobilitazione del personale, attrezzature, sonda perforatrice oleodinamica e motopontone al porto di Vulcano (ME) si possono così riassumere:

##### Diario delle attività:

- **15/06/2020:** Trasferimento su strada della sonda perforatrice oleodinamica, della strumentazione e del personale da Agrigento al porto di Milazzo, imbarco sul traghetto e sbarco nel porto dell'isola di Vulcano. Partenza e navigazione del motopontone da Messina a Vulcano e ormeggio sulla banchina del porto di vulcano, posizionamento e installazioni strumentali della sonda perforatrice sul motopontone;
- **16/06/2020:**
  - Posizionamento del motopontone, tramite coordinate gps, sul punto (S4) stabilito dal piano d'indagini geognostiche;
  - Lettura incrociata della batimetria tramite ecoscandaglio sbes e scandaglio manuale;
  - Inizio del sondaggio a carotaggio continuo;
  - Esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche tipo SPT
  - Prelievo di campioni rimaneggiati per le prove geotecniche di laboratorio
  - Ricostruzione stratigrafica deli strati attraversati
  - Completamento del carotaggio.
  - Ormeggio del motopontone in banchina;
- **17/06/2020:**
  - Posizionamento del motopontone, tramite coordinate gps, sul punto (S2) stabilito dal piano di caratterizzazione ambientale e dal piano d'indagini geognostiche;
  - Lettura incrociata della batimetria tramite ecoscandaglio sbes e scandaglio manuale;
  - Inizio del sondaggio a carotaggio continuo;
  - Esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche tipo SPT
  - Prelievo campioni ambientali eseguite dal tecnico chimico incaricato
  - Prelievo di campioni rimaneggiati per le prove geotecniche di laboratorio
  - Ricostruzione stratigrafica deli strati attraversati
  - Completamento del carotaggio.
  - Ormeggio del motopontone in banchina;



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



- **18/06/2020:**

- Posizionamento del motopontone, tramite coordinate gps, sul punto (S1) stabilito dal piano di caratterizzazione ambientale e dal piano d'indagini geognostiche;
- Lettura incrociata della batimetria tramite ecoscandaglio sbes e scandaglio manuale;
- Inizio del sondaggio a carotaggio continuo;
- Esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche tipo SPT
- Prelievo campioni ambientali eseguite dal tecnico chimico incaricato
- Prelievo di campioni rimaneggiati per le prove geotecniche di laboratorio
- Ricostruzione stratigrafica deli strati attraversati
- Completamento del carotaggio.
- Ormeaggio del motopontone in banchina;

- **19/06/2020:**

- Posizionamento del motopontone, tramite coordinate gps, sul punto (S3) stabilito dal dal piano d'indagini geognostiche;
- Lettura incrociata della batimetria tramite ecoscandaglio sbes e scandaglio manuale;
- Inizio del sondaggio a carotaggio continuo;
- Esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche tipo SPT
- Prelievo di campioni rimaneggiati per le prove geotecniche di laboratorio
- Ricostruzione stratigrafica deli strati attraversati
- Completamento del carotaggio.
- Ormeaggio del motopontone in banchina;

- **20/06/2020:** demobilizzazione della sonda perforatrice oleodinamica con l'attrezzatura a corredo con successiva sistemazione sul carrellone e sul mezzo furgonato. imbarco sul traghetto dal porto di Vulcano sbarco al porto Milazzo. Trasferimento su strada della sonda perforatrice oleodinamica, della strumentazione e del personale dal porto di Milazzo ad Agrigento. Disormeaggio e successiva navigazione del motopontone dal porto di Vulcano e approdo in sede a Messina.

Le operazioni di carotaggio in mare sono state eseguite solo nelle ore diurne e con condizioni meteo-marine adeguate; in tal modo si è potuto operare entro i limiti di sicurezza, garantendo nel contempo un'elevata qualità dei dati.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### 3.2 Mezzi impiegati

Per il raggiungimento dell'area d'indagine e l'esecuzione dei carotaggi, sono stati utilizzati un Fiat 190/26 Carrellone 3 assi con lunghezza 7,50 mt. Ruote ribassate: 315/60/22.5 Portata Utile: 14694 - rampe posteriori (*Figura 4*) per l'esecuzione dei carotaggi ambientali e geognostici è stata utilizzata la sonda perforatrice oleodinamica a rotazione “EGT MD710”, (*Figura 6*).

L'imbarcazione utilizzata come mezzo di appoggio all'esecuzione dei sondaggi è denominata “Albatros” (*Figura 5*), ed è dotata di due motori entro bordo e di tutte le dotazioni di sicurezza e strumentali per l'esecuzione del lavoro. Questa è di proprietà della La.Re.Sub s.a.s ed è regolarmente iscritta presso il Compartimento Marittimo di Messina col n°2755, iscritta presso il Rina con il n°43492.

Il molo del porto dell'isola di vulcano (ME), presso il quale l'imbarcazione ha avuto appoggio, ha rappresentato la base logistica per le procedure di mobilitazione e de-mobilitazione della strumentazione utilizzata per l'esecuzione dei sondaggi ambientali e geognostiche.



*Figura 4 – Fasi della mobilitazione della sonda perforatrice oleodinamica, del personale e delle attrezzature.*



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



La sonda perforatrice oleodinamica “EGT MD 710”, grazie alle sue caratteristiche costruttive di potenza, peso e ingombro è adeguata alle condizioni di trivellazione a mare, al posizionamento su vari mezzi come il motopontone, alla natura dei terreni e alle profondità da raggiungere (

MACCHINA DI PERFORAZIONE: EGT TECHNOLOGY –MD710_3	
Larghezza	1.51 m
Lunghezza	4.92 m
Altezza	2.59 m
Peso attrezzatura completa:	7.500 kg
Coppia testa di rotazione:	15.0 kNm @ 120 rpm
Velocità di rotazione:	0 - 114 rpm
Spinta:	60 kN
Tiro:	60 kN
Corsa rotary:	3400 mm



**Figura 6** – Caratteristiche tecniche della sonda perforatrice oleodinamica a rotazione “EGT MD 710”.

), inoltre consente di effettuare manovre rapide e precise per l’esecuzione delle indagini ambientali e geognostiche.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



*Figura 5 – Moto Pontone albatros ormeggiato con la sonda perforatrice EGT MD 710 già installata a bordo.*



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



**MACCHINA DI PERFORAZIONE: EGT TECNOLOGY –MD710\_3**

Larghezza	1.51 m
Lunghezza	4.92 m
Altezza	2.59 m
Peso attrezzatura completa:	7.500 kg
Coppia testa di rotazione:	15.0 kNm @ 120 rpm
Velocità di rotazione:	0 - 114 rpm
Spinta:	60 kN
Tiro:	60 kN
Corsa rotary:	3400 mm



**Figura 6** – Caratteristiche tecniche della sonda perforatrice oleodinamica a rotazione “EGT MD 710”.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

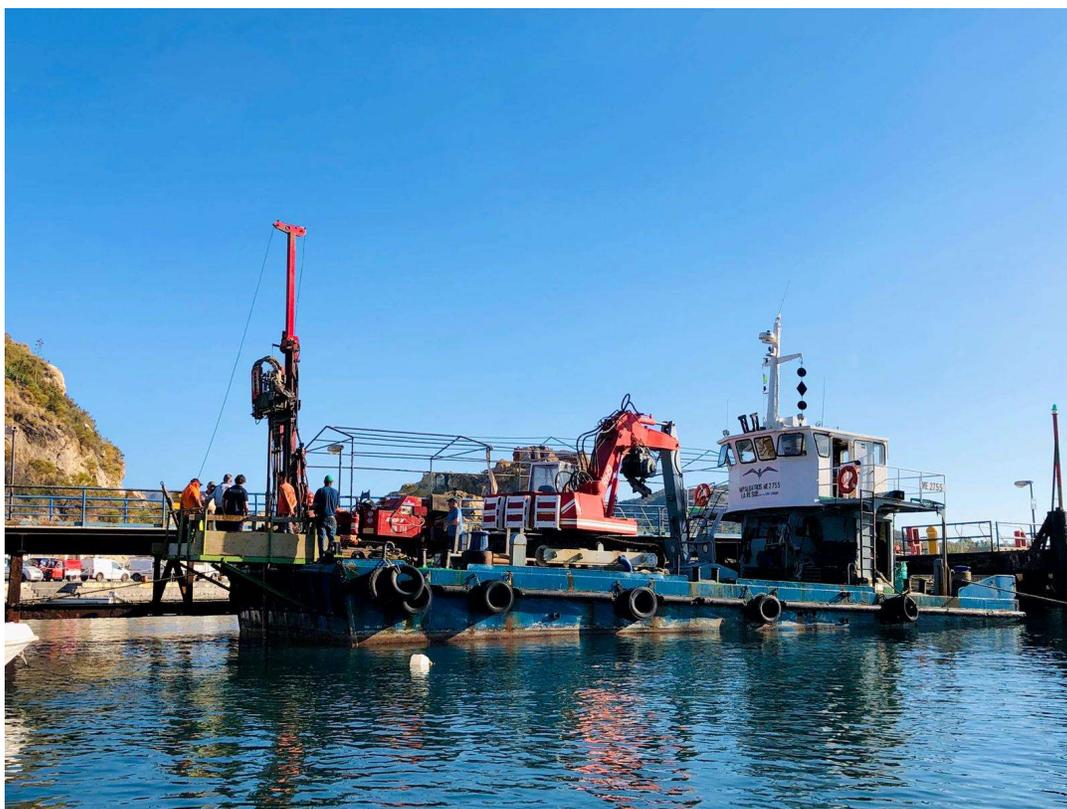
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.

GEONAUTICS

Le attrezzature di perforazione sono revisionate prima dell'invio in cantiere e periodicamente per verificare il buon funzionamento generale. La scelta della macchina perforatrice, è stata fatta in funzione delle caratteristiche tecnico-costruttive della stessa rispetto all'accessibilità dei siti indicati, alla natura dei litotipi e alle profondità da raggiungere e in base alle dimensioni della stessa, al fine di minimizzare l'occupazione dell'area di lavoro. (*Figura 6*).

### 3.2.1 Imbarcazione a supporto dei carotaggi.

Per il raggiungimento e lo stazionamento sui punti di perforazione, per le fasi di campionamento, per la quartatura ed il subcampionamento delle carote di sedimento, è stato utilizzato un motopontone di 19.30 m di lunghezza per 8 m di larghezza e 95 tonnellate di stazza lorda, denominato “Albatros” e regolarmente iscritto nel registro della capitaneria di porto di Messina con il numero di matricola 2755 e iscritta presso il Rina con il n°43492. Il mezzo nautico è stato dotato di idonea sonda oleodinamica di perforazione a rotazione che ha consentito di effettuare i carotaggi ambientali e geognostici. (*Figura 7*)



*Figura 7 – Motopontone Albatros impiegato per le attività di carotaggio, ormeggiato in banchina al porto di Vulcano.*



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.

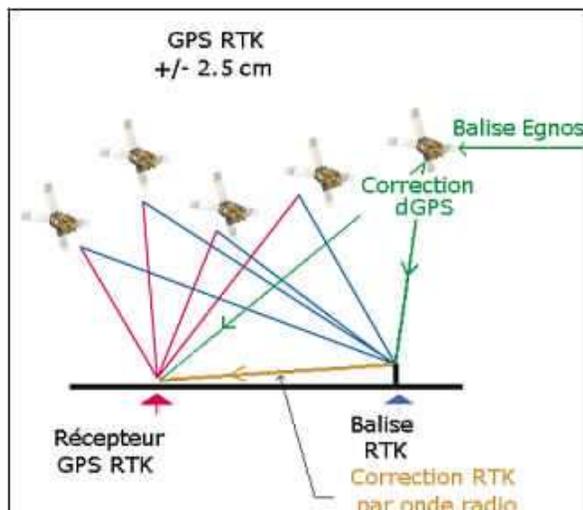


### 3.2.2 Posizionamento mezzo navale

Per il posizionamento di superficie è stato utilizzato un sistema di posizionamento satellitare GPS in modalità RTK. La verifica del corretto funzionamento del ricevitore nella modalità RTK è stata effettuata il giorno prima della partenza installando l'antenna del ricevitore GPS in corrispondenza di un punto di coordinate note e appurandone la corrispondenza con la misura effettuata, sia come coordinate che come valore di quota, nell'ambito della precisione strumentale attesa. Una volta completata la fase di calibrazione e aver appurato la qualità delle misurazioni, si è dato inizio alla fase di installazione dello stesso ricevitore a bordo dell'imbarcazione Albatros. Il sistema GPS è stato interfacciato via PC con il software di navigazione QinsyTM (QPS) per la visualizzazione grafica della posizione del mezzo navale durante le operazioni e fornire le opportune indicazioni al comando durante le manovre.

#### 3.2.2.1 Sistema di Posizionamento Superficiale

Per sistema di posizionamento globale (in inglese: *Global Positioning System* o GPS) si intende un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile che, attraverso una rete dedicata di satelliti artificiali in orbita, fornisce ad un terminale mobile o ricevitore GPS informazioni sulle coordinate geografiche e sull'orario, in ogni condizione metereologica, ovunque sulla Terra o nelle sue immediate vicinanze ove vi sia un contatto privo di ostacoli con almeno quattro satelliti del sistema. La localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore (*Figura 8*). Il sistema GPS è gestito dal governo degli Stati Uniti d'America ed è liberamente accessibile da chiunque sia dotato di un ricevitore GPS. Il suo grado attuale di accuratezza è dell'ordine dei metri.



*Figura 8* – Schema generale di funzionamento del sistema GPS e della ricezione della correzione RTK.

Per le indagini oggetto dell'incarico, il posizionamento di superficie è stato garantito da un sistema di navigazione inerziale “Vector pro Hemisphere gps crescent V100” gyro installato a bordo dell'imbarcazione ed impiegato come sistema di posizionamento principale collegato in modalità N-TRIP con i server della LEICA-ITALPOS per la ricezione del segnale di correzione RTK.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### 3.3 Indagini geognostiche integrative

#### 3.3.1 Sondaggi geognostici

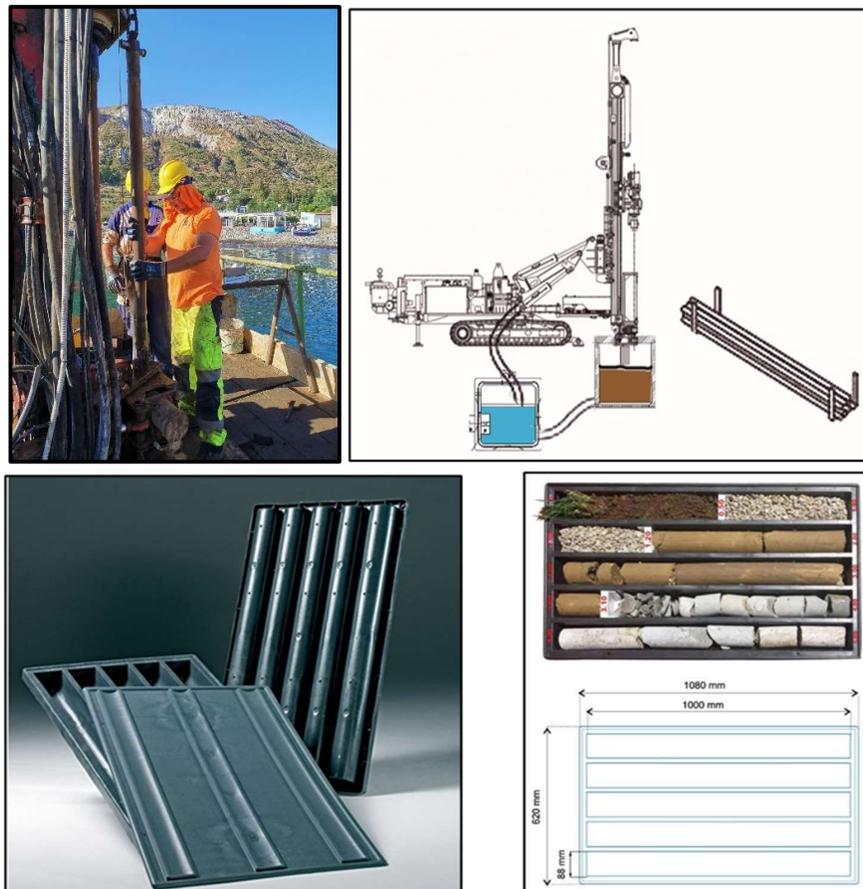
Complessivamente sono state eseguite n° 4 perforazioni a carotaggio continuo ad andamento verticale spinte fino a profondità di 30 m.

Le attrezzature utilizzate sono consistite in una sonda oleodinamica a rotazione marca “EGT modello MD 710” idonea a fornire una coppia superiore a 600 kgm, utile ad un corretto espletamento dei sondaggi in oggetto, adottando la tecnica della conservazione del nucleo per tutto lo spessore indagato e con l’ausilio di tubi carotieri semplici e doppio del diametro 101 mm.

La stabilizzazione delle pareti del foro, laddove è stato necessario, è stata ottenuta mediante l’utilizzo di tubazione di rivestimento in acciaio sottile. Tutto ciò per garantire il minimo disturbo al terreno, indispensabile per le finalità dell’indagine. La tecnica del carotaggio è stata applicata utilizzando tutte le cautele imposte dal litotipo in questione: manovre corte, corretta pressione di spinta, adeguata velocità di perforazione, quando possibile manovre condotte a secco o con moderato utilizzo di acqua di circolazione.

Le carote estratte sono state esaminate e descritte in dettaglio nelle colonne stratigrafiche riportate in allegato, fotografate (vedi allegato 6) quindi conservate in apposite cassette in PVC.

Nello specifico, la configurazione strumentale e lo schema di esecuzione dei carotaggi sono riportati in (Figura 9).



**Figura 9** – Schema generale del sistema di perforazione a carotaggio continuo con a corredo le apposite cassette catalogatrici in pvc



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



Prima di poter procedere secondo lo schema, è stato testato e verificato il corretto funzionamento della sonda perforatrice e di tutte le apparecchiature in dotazione. Le operazioni di carotaggio sono iniziate solo dopo aver verificato l'esito positivo di tale controllo preliminare.

### 3.3.2 Campionamento geotecnico

Nel seguente lavoro, si è effettuato il prelievo di n° 20 campioni rimaneggiati su quattro sondaggi geognostici/geotecnici indicati nel piano d'indagini geognostiche integrative. Per la precisione sono stati presi n° 5 campioni in ciascun carotaggio prelevati alle quote indicate dalla committenza e riportati nella (*Tabella 6*) e nell'allegato 4, al fine di eseguire prove fisiche di laboratorio.

I campioni rimaneggiati sono stati prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio; sono i campioni ottenuti con i normali utensili di perforazione e sono stati sigillati in sacchetti di plastica a tenuta stagna per consentirne la conservazione e la misura del tenore di umidità (campioni con grado di qualità Q3); essi sono stati contraddistinti da un cartellino indelebile posto all'esterno del sacchetto, riportandone la data di prelievo, il nome del campione (rappresentato da lettere alfabetiche) e del sondaggio, nonché l'indicazione del cantiere. Tali dati sono stati riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio. La quantità necessaria per le prove di laboratorio prelevata in situ è stata consona per l'esecuzione delle stesse prove. Nella scelta si è avuta cura di eliminare le parti di campione alterate dall'azione del carotiere (corceccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.). Tali campioni sono rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato in situ.

#### Sondaggio S1

Nome Campione	RC1		RC2		RC3		RC4		RC5	
<b>Tipologia di campione</b>	Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato	
<b>Campionatore</b>										
<b>Campione n°</b>	1		2		3		4		5	
<b>Profondità m</b>	<b>Da m</b> 2,45	<b>A m</b> 3,00	<b>Da m</b> 5,45	<b>A m</b> 5,90	<b>Da m</b> 10,45	<b>A m</b> 11,00	<b>Da m</b> 14,45	<b>A m</b> 15,00	<b>Da m</b> 22,15	<b>A m</b> 22,60
<b>Data</b>	18/06/2020		18/06/2020		18/06/2020		18/06/2020		18/06/2020	
<b>Tipologia di materiale</b>	Sabbia ghiaiosa		Sabbia con ghiaia		Ghiaia con sabbia		Ghiaia con sabbia		Sabbia ghiaiosa	



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### Sondaggio S2

Nome Campione	RC1		RC2		RC3		RC4		RC5	
Tipologia di campione	Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato	
Campionatore										
Campione n°	1		2		3		4		5	
Profondità m	Da m	A m	Da m	A m	Da m	Da m	A m	Da m	A m	Da m
	2,45	3,00	5,00	5,50	10,45	11,00	14,45	15,00	18,45	18,90
Data	17/06/2020		17/06/2020		17/06/2020		17/06/2020		17/06/2020	
Tipologia di materiale	Sabbia		Ghiaia con sabbia		Sabbia debolmente ghiaiosa		Ghiaia con sabbia		Sabbia con ghiaia	

### Sondaggio S3

Nome Campione	RC1		RC2		RC3		RC4		RC5	
Tipologia di campione	Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato	
Campionatore										
Campione n°	1		2		3		4		5	
Profondità m	Da m	A m	Da m	A m	Da m	A m	Da m	A m	Da m	A m
	2,45	2,90	5,45	5,90	10,45	10,90	19,45	19,90	22,45	22,90
Data	19/06/2020		19/06/2020		19/06/2020		19/06/2020		19/06/2020	
Tipologia di materiale	Ghiaia con sabbia		Sabbia debolmente ghiaiosa		Sabbia con ghiaia		Sabbia debolmente ghiaiosa		Sabbia con ghiaia	

### Sondaggio S4

Nome Campione	RC1		RC2		RC3		RC4		RC5	
Tipologia di campione	Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato		Rimaneggiato	
Campionatore										
Campione n°	1		2		3		4		5	
Profondità (m)	Da m	A m	Da m	A m	Da m	A m	Da m	A m	Da m	A m
	2,45	3,00	5,45	6,00	10,45	10,90	15,45	15,90	18,45	19,00
Data	16/06/2020		16/06/2020		16/06/2020		16/06/2020		16/06/2020	
Tipologia di materiale	Sabbia		Sabbia ghiaiosa		Sabbia debolmente ghiaiosa		Sabbia con ghiaia		Sabbia ghiaiosa	

Tabella 6 - Campioni sondaggi geognostici porto isola di Vulcano



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### 3.3.3 PROVE S.P.T.

Nel corso dei sondaggi geognostici sono state effettuate n. 20 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) (Figura 10 - Figura 11). Alle profondità indicate nelle colonne stratigrafiche e riassunte nella relativa (Tabella 7).

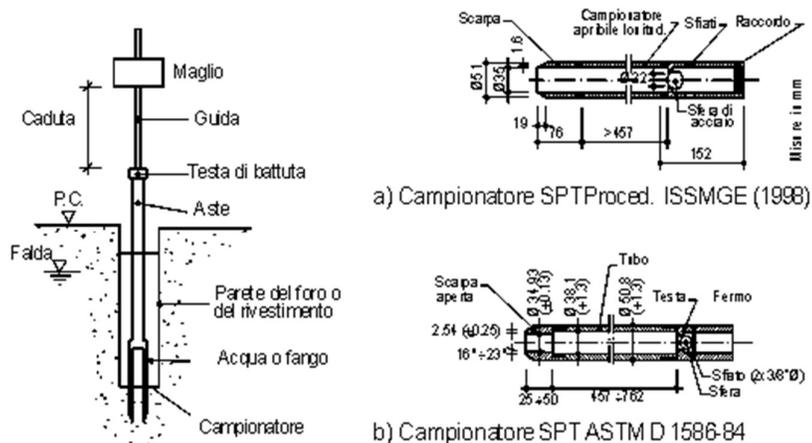


Figura 10 – Sistema Schema della prova SPT.





COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



La prova è stata eseguita facendo riferimento alla normativa ASTM 1586/68 “Penetration and Split-Barrel Sampling of Soil”. Le caratteristiche strumentali possono essere così riassunte:

- Campionatore tipo Raymond apribile longitudinalmente  $\phi = 50.8 - 35$  mm, lunghezza utile  $L = 630$  mm, munito di valvola a sfera alla sommità.
- Massa battente di peso pari a 63.4 kg con altezza di caduta pari a 750 mm, munito di dispositivo di sganciamento automatico.
- Aste collegate al campionatore aventi peso pari a 6.5 kg/ml.
- Centratore di guida installata tra la testa di battuta in sommità alle aste ed il piano di campagna.
- Differenza tra il diametro esterno e il diametro interno della tubazione di rivestimento minore di 60 mm.
- Utensile di perforazione campionatore Raymond, munito di scarpa standard conica  $\phi = 51$  mm e/o punta conica.

La suddetta prova consiste nell'infiggere nel terreno, alla base del sondaggio, l'utensile per tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno, rilevando il numero di colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto. Il valore di N è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto. Prima di eseguire la prova è stata controllata, con adeguato scandaglio, la quota del fondo foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione precedentemente eseguita. Le particolari modalità di esecuzione delle prove S.P.T. richiedono che ai valori di N siano apportate delle correzioni, che tengano conto delle variabili esistenti nel caso specifico. Solitamente occorre considerare i seguenti elementi:

- 1) eventuale uso di punta conica in luogo della scarpa standard;
- 2) Influenza della pressione litostatica;
- 3) Influenza della presenza di falda acquifera.

Relativamente al punto 1, i valori di N ottenuti con uso di punta conica al posto della scarpa “standard”, vanno corretti apportando una riduzione del 30 % in accordo con Palmer e Stuart:

$$N_1 = 0,7 N$$

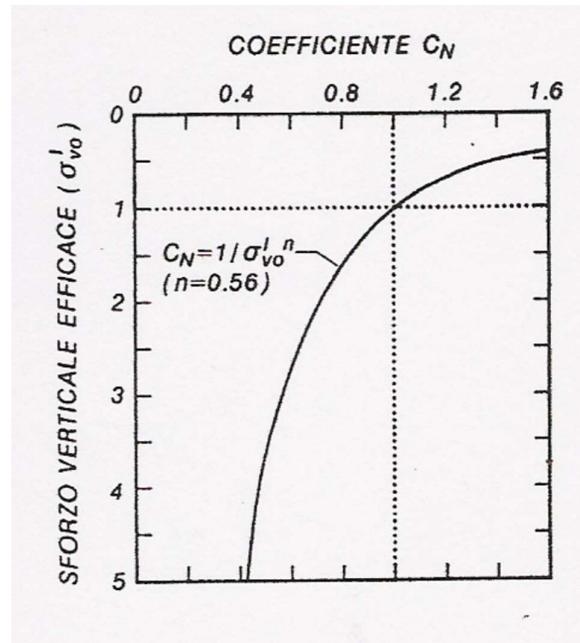
Nella prova S.P.T. il numero di colpi è influenzato dalla pressione litostatica (punto 2), di conseguenza è necessario normalizzare le misure riportandole al valore corrispondente alla pressione litostatica efficace (Gibbs e Holtz 1957; Seed e Idriss 1981).

Per quanto concerne l'influenza della falda sul valore del numero di colpi Terzaghi e Peck (1948) consigliano di adottare, in presenza di sabbie fini e/o limose molto addensate ( $NSPT > 15$ ) la seguente relazione:  $N_{corretto} = 15 + 0.5(NSPT - 15)$



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



**Figura 12** Esempio di diagramma sforzo verticale efficace / coefficiente  $N$



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### Sondaggio S1

Prova SPT n°	Profondità m	Abbassamento in cm	N° di colpi
1	2,00	15	9
		30	6
		45	11
2	5,00	15	37
		30	55
		45	43
3	10,00	15	12
		30	25
		45	39
4	14,00	15	47
		30	R cm 3
		45	
5	21,70	15	10
		30	24
		45	62



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### Sondaggio S2

Prova SPT n°	Profondità m	Abbassamento in cm	N° di colpi
1	2,00	15	22
		30	42
		45	R cm 2
2	5,70	15	R cm 11
		30	
		45	
3	10,00	15	20
		30	40
		45	R cm 7
4	14,00	15	13
		30	51
		45	44
5	18,00	15	39
		30	R cm 5
		45	



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### Sondaggio S3

Prova SPT n°	Profondità m	Abbassamento in cm	N° di colpi
1	2,00	15	23
		30	28
		45	36
2	5,00	15	18
		30	36
		45	41
3	10,00	15	18
		30	20
		45	56
4	19,00	15	13
		30	14
		45	18
5	22,00	15	15
		30	28
		45	42



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### Sondaggio S4

Prova SPT n°	Profondità m	Abbassamento in cm	N° di colpi
1	2,00	15	20
		30	24
		45	32
2	5,00	15	7
		30	15
		45	30
3	10,00	15	R cm 3
		30	
		45	
4	15,00	15	15
		30	20
		45	35
5	18,00	15	13
		30	24
		45	48

Tabella 7 – dati prove S.P.T



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### 3.3.4 Modello stratigrafico

La ricostruzione stratigrafica del sito progettuale è stata eseguita dal Geologo Responsabile del cantiere (figura interna della Geonautics s.r.l.) Dott. Dario Briulotta che ha presenziato nelle fasi di carotaggio e campionamento e che ha realizzato un profilo stratigrafico dei sondaggi geognostici previsti nella campagna indagini. È stata eseguita una rappresentazione della successione degli strati attraversati dai mezzi di indagine (allegato 5); tale profilo è composto dai seguenti elementi raffigurati anche in (*Figura 13*):

- **dati generali e tecnici:**

- progetto del cantiere;
- committente;
- impresa esecutrice;
- numero del sondaggio;
- quota p.c.
- profondità raggiunta
- attrezzamento del foro
- utilizzo e quantità in metri dei tubi di rivestimento per sostegno delle pareti del foro
- tipologia di strumentazione utilizzata
- Coordinate geografiche del sito
- Note
- quantità di cassette catalogatrici utilizzate

- **descrizione stratigrafica:**

- tipo di terreno attraversato;
- condizione di umidità naturale;
- consistenza;
- colore o colore prevalente;
- struttura;
- particolarità aggiuntive;
- litologia ed origine;
- percentuale di recupero;
- rilievo del livello dell'acqua nel foro (ove presente);
- eventuali frammenti, perdite di circolazione cavità;
- indice RQD
- Valori geotecnici delle prove SPT
- Tipologia e quota prelievo campioni





COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.  
Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



### 3.4 Piano di caratterizzazione

#### 3.4.1 Perforazione Ambientale

Tali attività, finalizzate al completamento delle opere progettuali relative alla messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo; hanno portato alla realizzazione di due carotaggi ambientali (S1 ed S2) secondo le disposizioni dettate dal D.M. n°173 del 15 luglio del 2016 con prelievo di campioni previsti nei primi tre metri di ogni sondaggio ambientale.

Per l'esecuzione dei carotaggi ambientali la tipologia delle attrezzature utilizzate sono costituite da sonde a testa rotante dotate di martello idraulico per consentire il prelievo del terreno a percussione.

La perforazione viene eseguita a carotaggio continuo onde permettere un'accurata ricostruzione del profilo stratigrafico ed effettuare il prelievo di campioni. I campioni di terreno sono hanno mantenuto inalterata la percentuale dei composti contaminati eventualmente inglobati.

#### - Piano di indagine

Prima di procedere alla perforazione sono stati adottati tutti gli accorgimenti necessari per evitare fenomeni di “cross contamination”, contaminazione indotta, perdita di composti contaminanti volatili (a causa del surriscaldamento del materiale carotato) o diluizione del contaminante.

#### - Pulizia attrezzatura di perforazione

Le perforazioni sono state eseguite evitando l'immissione nel sottosuolo di composti chimici estranei. Pertanto per le perforazioni a scopo ambientale sono state adottate le seguenti procedure:

- rimozioni di lubrificanti dalle zone filettate con lavaggio mediante idropulitrice a vapore
- utilizzo di oli vegetali per la filettatura di aste e rivestimenti
- utilizzo di utensili di perforazione (corone e scarpe) non verniciati
- eliminazione di perdita di olio dalle parti idrauliche dell'attrezzatura di perforazione
- pulizia dei contenitori di stoccaggio acqua di perforazione
- pulizia di aste, rivestimenti e carotieri con impiego di idropulitrice a vapore ad alta pressione utilizzando acqua pulita ed eventualmente un opportuno solvente, allo scopo di rimuovere qualsiasi residuo di precedenti perforazioni.

#### - Tipologia di perforazione

La perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo Il carotaggio integrale ha garantito una percentuale di recupero > 90% per essere rappresentativo del terreno indagato. Il carotaggio nei terreni è stato eseguito per quanto possibile a secco utilizzando carotieri semplici di diametro di 101 mm evitando fenomeni di surriscaldamento del materiale carotato. La manovra di carotaggio è stata seguita dal rivestimento provvisorio del foro. Il carotaggio è stato sistemato in cassette catalogatrici su cui sono stati riportati in modo indelebile: Committente, località, N. sondaggio, profondità di riferimento.

#### 3.4.2 Campionamento ambientale

Le attività di prelievo dei campioni sono state condotte da un tecnico chimico della Agrolab group ambiente s.r.l Dott. Gaetano Santo, incaricato dalla scrivente Geonautics srl, su incarico del comune di Lipari (ME). Il campionamento è stato eseguito nel pieno rispetto delle procedure contenute piano di caratterizzazione.



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



#### - Risultati analitici

I risultati analitici del sedimento sono stati infine utilizzati per assegnare un'appropriatezza qualitativa. A tal fine, è stato seguito l'approccio tabellare indicato nelle disposizioni dettate dal D.M. n°173 del 15 luglio del 2016 che mette a confronto i valori chimico-fisici ed ecotossicologici relativi alla caratterizzazione effettuata con valori e i limiti di riferimento. Dall'assegnazione della corretta classe vengono individuate le opzioni di gestione compatibili con la natura dei sedimenti indagati.

Sulla base di tali indicazioni (D.M. n°173 del 15 luglio del 2016) sono stati predisposti 2 siti di perforazione ambientale disposti in prossimità dell'opera da realizzare (*Figura 14*) aventi coordinate riportate in (*Tabella 9*) nei quali sono stati effettuati le operazioni di campionamento ambientale previsti per l'opera stessa entrambi indicati dalla committenza (come da Planimetrie allegate nel piano di caratterizzazione). I rispettivi verbali di campionamento e certificati di prova sono in seguito riportati in Allegato 3.

Per l'esecuzione dei campionamenti e delle caratterizzazioni la Stazione Appaltante (Comune di Lipari) incarica la società Geonautics srl la quale si è avvalsa della collaborazione della ditta Geogav s.r.l per l'esecuzione dei sondaggi ambientali e geognostici, della ditta LA.RE.SUB s.a.s che ha fornito il mezzo nautico necessario per lo svolgimento delle attività di carotaggio e campionamento, del laboratorio di analisi chimico/ambientali accreditato Agrolab group ambiente srl che ha svolto l'attività di campionamento e analisi ambientale dei terreni, del laboratorio geotecnico accreditato Geoservice s.r.l. per l'esecuzione delle relative caratterizzazioni fisico/meccaniche dei terreni campionati e delle figure professionali dello staff Geonautics con le relative qualifiche vengono sotto riportate nella (*Tabella 8*).

Nome	Qualifica	Contatti
Alfonso Riccardo Analfino	Geologo - Direttore tecnico	<a href="mailto:analfino@geonautics-srl.com">analfino@geonautics-srl.com</a>
Giuseppe Catalano	Biologo marino.	<a href="mailto:catalano@geonautics-srl.com">catalano@geonautics-srl.com</a>
Dario Briulotta	Geologo di cantiere	<a href="mailto:briulotta@geonautics-srl.com">briulotta@geonautics-srl.com</a>

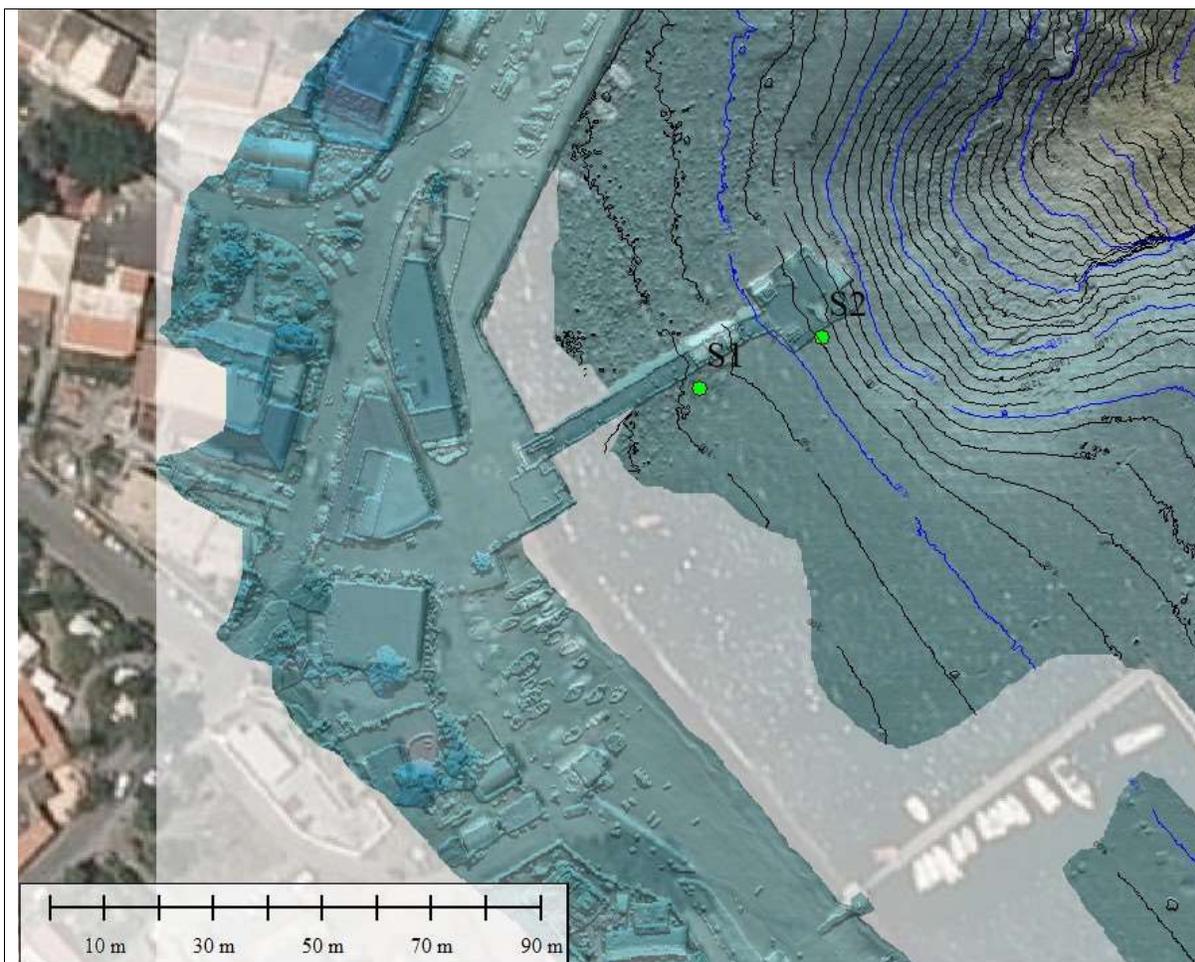
*Tabella 8 – figure professionali dello staff Geonautics con le relative qualifiche e contatti e-mail*



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di Vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



**Figura 14** – In evidenza i punti da investigare al porto di Vulcano (ME). In verde sono raffigurati i sondaggi ambientali

**Tabella 9** – Coordinate UTM in WGS84 – 33 S dei carotaggi ambientali

ID Point	N	E
S1	4251760.566 N	496563.431E
S2	4251763.398 N	496598.887 E



COMUNE DI LIPARI (ME)

“messa in sicurezza del porto di levante e ponente nell'isola di vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo.

Attività di sondaggio geognostico-geotecnico, campionamento e caratterizzazione ambientale dei materiali estratti”.



## 6 ALLEGATI

In *Tabella 10* viene riportato l'elenco dei documenti allegati alla presente relazione tecnica.

---

*Tabella 10 - Elenco degli allegati*

---

---

Allegato 1	Schede tecniche
Allegato 2	DPR - Daily Progress Report
Allegato 3	Verbali campionamento laboratorio chimico
Allegato 4	Verbali campionamento laboratorio geotecnico
Allegato 5	Stratigrafia
Allegato 6	Documentazione fotografica
Allegato 7	Ubicazione sondaggi

---