



**CREW**  
Mandantaria

**martino associati**  
Mandanti

**SYSTRA**

**E.C.O.**  
ENGINEERING CONSULTING

Ing.  
**Corrado Pecora**

**UTRES AMBIENTE**  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA - ENGINEERING COMPANY

**iBi studio**

PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA, CSP, REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA E DEL PEF DI MASSIMA CON OPZIONE DI AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI DIREZIONE LAVORI E DI CSE

## REALIZZAZIONE TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA

Opere civili  
Lotto 1

Stazione Appaltante		Direttore della Progettazione	Progettista	Scala:
<b>RUP</b> S.Cocina	<b>DEC</b> P.Frisenda	C. Turrini CREW	M. Pietrantoni Systra S.p.A.	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
A	EMISSIONE	F. Stella	M.Pietrantoni	C. Turrini	Ott. 2025

Num. Documento: **PMO-GE-CRW-P2-00-01- XGEN- 000000-A**



REGIONE SICILIA

PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA, CSP, REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA E DEL PEF DI MASSIMA CON  
OPZIONE DI AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI DIREZIONE LAVORI E DI CSE, INERENTE AGLI INTERVENTI DI:

## REALIZZAZIONE TERMOVALORIZZATORE DI PALERMO

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Riferimenti normativi e tecnici.....</b>	<b>3</b>
2.1. Normativa tecnica.....	3
2.2. Normativa regionale.....	4
2.3. Documentazione di riferimento.....	4
<b>3. Inquadramento geografico.....</b>	<b>4</b>
3.1. Descrizione delle opere di progetto.....	5
<b>4. Inquadramento geologico generale.....</b>	<b>6</b>
<b>5. Indagini pregresse.....</b>	<b>8</b>
<b>6. Descrizione delle indagini.....</b>	<b>9</b>
6.1. Criteri adottati nella definizione delle indagini geognostiche.....	9
6.1.1. Indagini geognostiche per la caratterizzazione geologica e geotecnica.....	9
6.2. Principali tipologie di indagini da realizzare.....	10
6.2.1. Indagini in sito.....	10
6.2.2. Indagini geofisiche.....	12
6.2.3. Prove di laboratorio geotecnico.....	14
<b>7. Sintesi delle indagini geognostiche proposte.....</b>	<b>14</b>
<b>8. Schede monografiche.....</b>	<b>16</b>
8.1. Sondaggio S1.....	16
8.2. Sondaggio S2.....	17
8.3. Sondaggio S3.....	18
8.4. Sondaggio S4.....	19
8.5. Sondaggio S5.....	20
8.6. Sondaggio S6.....	21
8.7. Sondaggio S7.....	22
8.8. Sondaggio S8.....	23



REGIONE SICILIA

PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA, CSP, REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA E DEL PEF DI MASSIMA CON  
OPZIONE DI AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI DIREZIONE LAVORI E DI CSE, INERENTE AGLI INTERVENTI DI:

## REALIZZAZIONE TERMOVALORIZZATORE DI PALERMO



## 1. PREMESSA

Nella presente relazione viene illustrato il piano delle indagini geognostiche e geotecniche a supporto della progettazione di fattibilità tecnico-economica, finalizzato alla realizzazione del termovalorizzatore di Catania. Questo piano di indagini si è sviluppato per integrare e arricchire il quadro geologico e geotecnico fornito dai risultati di studi e di indagini reperite nei geoportali.

La progettazione delle indagini si è basata sulla conoscenza degli elementi geologici della zona, ricavati dai risultati delle indagini geognostiche disponibili nonché dalla conoscenza diretta dell'area e di indagini in possesso degli scriventi, tramite una valutazione dettagliata dell'utilizzabilità dei dati e considerando la loro posizione e profondità rispetto al layout di progetto. Le indagini integrative si sono concentrate nelle aree di progetto più critiche per la progettazione delle opere, seguendo i criteri indicati successivamente. In particolare, il piano delle indagini proposte mira a verificare settori e tematiche specifiche a supporto della progettazione di fattibilità tecnico-economica delle opere. Esso si basa su approfondimenti opportuni di aspetti geologici, eseguiti durante la fase di gara.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

### 2.1. Normativa tecnica

Le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore:

- Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81. Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Decreto Ministeriale n. 47 (11/3/1988). "Norme Tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce; i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio;
- O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- O.P.C.M. n. 3316 del 02 Ottobre 2003. "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003";
- O.P.C.M. n. 3431 del 03 Maggio 2005. "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274";
- O.P.C.M. n. 3519 del 28 Aprile 2006. "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";

- D. M. del 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Associazione Geotecnica Italiana (2024). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche in sito.

## **2.2. Normativa regionale**

- Legge regionale n. 16 del 10 agosto 2016 “Recepimento del Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia approvato con decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380”
- Allegato A al DDG n. 189 del 23 aprile 2019, Art. 3. “Disposizioni in materia di semplificazione della disciplina degli interventi strutturali in zone sismiche”;
- DDG n. 64 /S. 03 del 11 marzo 2022. “Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 n. 3519. Deliberazione della Giunta Regionale 24 febbraio 2022, n. 81. Decreto di adozione della nuova classificazione sismica”.
- Legge regionale n. 12 del 12 ottobre 2023. “Recepimento del codice dei contratti pubblici di cui al decreto legislativo 31 marzo 2023, n. 36. Disposizioni varie;

## **2.3. Documentazione di riferimento**

Altri documenti consultati sono i seguenti:

- ISPRA, Carta Geologica d'Italia, scala 1: 50 000, Foglio 634 Catania;
- ISPRA, Carta Geologica d'Italia, scala 1: 50 000, Foglio 585 e 594 Mondello e Partinico;
- Portale INGV, [www.ingv.it](http://www.ingv.it);
- Geoportale della Regione Sicilia, [www.sitr.regione.sicilia.it](http://www.sitr.regione.sicilia.it)

# **3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il termovalorizzatore in oggetto è previsto nella Piana di Catania, circa al centro della zona Industriale, a circa 2,5 km a Sud dell'Aeroporto ed a circa 3 km dalla costa, all'interno di un lotto pressoché pianeggiante.



Figura 1: Ubicazione del sito.

### 3.1. Descrizione delle opere di progetto

Di seguito, si fornisce l'elenco delle opere previste nell'attuale fase progettuale, con l'obiettivo di delineare le modalità realizzative delle stesse:

- Avanfossa
- Fossa rifiuti
- Locale gruista
- Tramogge di caricamento
- Locale caldaie
- Linea fumi e area stoccaggio reagenti
- Fossa scorie
- Locale turbina

- Condensatore
- Sala quadri e trasformazione
- Sistema pese
- Cabina Remi
- Cabina Elettrica
- Vasca antincendio ed industriali
- Sala controllo

Le opere “fossa rifiuti”, “locale caldaie”, “fossa scorie”, “locale turbine”, “vasca antincendio ed industriali” necessiteranno di scavi con profondità da 3 a 7 metri.

Inoltre, dovranno essere eseguiti interventi di accesso all’area del termovalorizzatore. La viabilità locale è già ben sviluppata, trattandosi di un’area industriale.

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il sito del termovalorizzatore è ubicato all’interno della Piana di Catania, un’ampia area pianeggiante formatasi dai depositi del fiume Simeto e dai suoi principali affluenti, i fiumi Dittaino e Gornalunga. Le litologie prevalenti nella Piana, di età da Pleistocene superiore a Olocene, sono alternanze di argille limose, limi argillosi, limi e limi sabbiosi, sabbie limose, sabbie ghiaiose e ghiaie, sovente organizzate in corpi lenticolari e pertanto difficilmente correlabili tra loro. La potenza di tali successioni, e quindi la profondità dal piano campagna del tetto della sottostante Formazione delle Argille grigio-azzurre (Pleistocene inferiore) è compresa tra 20-30 metri all’estremità Nord della Piana, fino a circa 80-85 metri. In corrispondenza alla Zona Industriale, dove è ubicato il Termovalorizzatore, lo spessore complessivo è di circa 70-75 metri.

Attualmente i processi morfologici e sedimentari naturali del Fiume Simeto e dei suoi affluenti sono praticamente annullati e causa del sistema di canalizzazione e di arginatura dei corsi d’acqua.

La Piana di Catania è sede di un sistema complesso di acquiferi in parte separati tra loro e parzialmente interconnessi, ubicati in prevalenza all’interno dei depositi più grossolani. La direzione generale dei deflussi sotterranei è da Ovest verso Est, quindi sub-parallela allo sviluppo del reticolo idrografico.





### Legenda

#### DEPOSITI CONTINENTALI E TRANSIZIONALI DEL PLEISTOCENE SUPERIORE - ATTUALE

- Depositi antropici**  
Materiale di riporto e di scarto edilizio, di resti archeologici o derivante da crolli di edifici storici (area del centro storico). Materiale di costruzione di scogliere artificiali e moli. Comprende anche il materiale degli argini principali del F. Simeto e del Canale Buttaceto (h), sono esclusi i rilevati stradali e ferroviari. Discariche per rifiuti solidi urbani (h<sub>1</sub>).
- Depositi eolici**  
Sabbie fini di colore giallastro a prevalente quarzo e minori minerali pesanti e calcite, granulometricamente ben cernite. Formano dune costiere a creste sinuose, alte fino a 8 m. L'originaria stratificazione incrociata a grande scala è obliterata dalla vegetazione e da un sottile strato limoso di suolo. Localmente fanno transizione a depositi palustri, mentre lungo la foce del Simeto sono sormontati dai depositi alluvionali. L'intervento antropico ha modificato l'originario assetto di questi depositi, infatti nell'area degli stabilimenti balneari e dei villaggi della Plaia, il duneto è quasi completamente distrutto.  
**OLOCENE**
- Depositi alluvionali recenti**  
Limi argillosi, limi siltoso-sabbiosi di colore bruno, con rari ciottoli quarzosi e lavici, bordanti il Vallone Fossa della Creta (SO di Catania); sabbie a grana da fine a grossolana, silt e argille con lenti di ghiaie (F. Simeto, Vallone Cubba e V.ne Cardinale). Verso est il deposito alluvionale fa da transizione ad argille e silt neri lagunari e a sabbie di spiaggia. Spessore da pochi metri fino a 80 m, da dati di pozzo.  
**PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE**

#### DEPOSITI SUBTETNEI E VULCANITI DI ACI TREZZA

##### GHIAIE DI M. TIRITI<sup>1</sup>

- Ghiaie con intercalazioni di conglomerati a matrice sabbiosa, debolmente cementate, di colore giallastro a struttura caotica e con lenti da spesse a molto spesse di argille e sabbie a stratificazione obliqua contraria all'embriciatura dei ciottoli. I clasti di dimensione fino a 50 cm, arrotondati e sferici, sono rappresentati da prevalenti quarzareniti (circa 90%), da calcari di vario tipo, da marne, da subordinate metamorfite di vario grado e da rari ciottoli di basalti tholeiitici vacuolari. Contenuto faunistico assente. Il passaggio alla sottostante formazione è eteropico. Deposito di conoide alluvionale evolvente verso il centro del bacino a delta conoide. Spessore variabile da 0 a 30 m.  
**PLEISTOCENE MEDIO TERMINALE**

##### SABBIE E GHIAIE DI VILLAGGIO S. GIORGIO

- Sabbie giallo-rossastre prevalentemente quarzose, a grana da fine a grossolana, con rare intercalazioni argilloso-siltose e lenti medio-spesse di conglomerati più frequenti verso l'alto al passaggio con le ghiaie (TIR). Presentano stratificazione tabulare obliqua e a festoni e strutture di paleocorrenti. Contenuto faunistico rappresentato da gusci di lamellibranchi e gasteropodi. Microfauna prevalentemente bentonica dominata da *Cassidulina carinata*, *Bolivina catanensis* e *Ammonia inflata*. Nannofossili rimaneggiati. Limite inferiore graduale e sfumato per alternanza sabbioso-argilloso. Sequenza di ambiente fluvio-marino. Spessore variabile da pochi metri a 30 m.  
**PLEISTOCENE MEDIO**

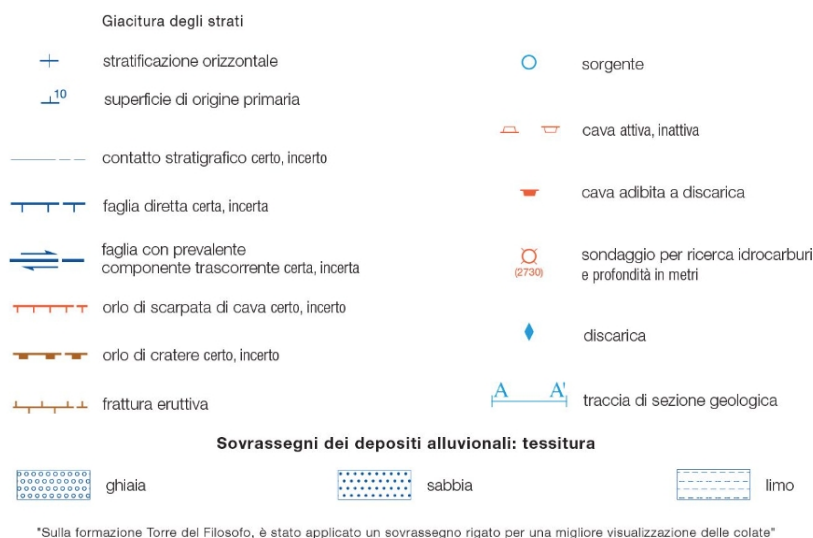


Figura 2: Stralcio della Carta Geologica d'Italia CARG – Foglio 634 “Catania” (Fonte: ISPRA Servizio Geologico d'Italia).

## 5. INDAGINI PREGRESSE

Al fine di acquisire i dati disponibili inerenti alle indagini geognostiche e geofisiche, si è proceduto ad una consultazione sistematica delle piattaforme geo-informatiche regionali e nazionali. Nello specifico, si fa riferimento all'archivio indagini nel sottosuolo (Legge 464/84) dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA).



Figura 3: Database indagini (Fonte: ISPRA Servizio Geologico d'Italia).

Per la redazione del presente piano indagini, dalla banca dati dell'ISPRA si sono considerate ed analizzate n.9 perforazioni, Eseguite in prossimità del sito di studio e all'interno del medesimo contesto geologico. I dati relativi a tali perforazioni sono sintetizzati in Tabella 1.

Sigla	Anno	Tipo	Latitudine	Longitudine	Quota p.c.	Profondità da p.c.
2987	2001	Pozzo per acqua	15°02'31.57"E	37°27'17.87"N	14	34,7
3076	1996	Pozzo per acqua	15°02'55.25"E	37°25'57.10"N	8	50
3077	1996	Piezometro	15°03'32.93"E	37°26'24.76"N	-	80
3080	1996	Pozzo per acqua	15°03'44.75"E	37°26'25.37"N	-	85
3084	1996	Pozzo per acqua	15°03'49.73"E	37°26'25.35"N	-	85
3085	1996	Pozzo per acqua	15°03'44.29"E	37°26'19.01"N	-	85
3088	1996	Pozzo per acqua	15°03'55.06"E	37°26'21.03"N	-	85
3095	1996	Pozzo per acqua	15°03'48.20"E	37°26'16.73"N	-	85
3097	1996	Pozzo per acqua	15°03'37.98"E	37°26'24.77"N	-	85

Tabella 1: Indagini disponibili nel Database Indagini ISPRA.

## 6. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

### 6.1. Criteri adottati nella definizione delle indagini geognostiche

Le indagini geotecniche previste per il presente progetto sono state definite seguendo i criteri esposti di seguito.

#### 6.1.1. Indagini geognostiche per la caratterizzazione geologica e geotecnica

- Approfondimento del modello geologico e geotecnico di riferimento progettuale, con particolare attenzione alla definizione della successione stratigrafica dei terreni affioranti alle quote di influenza delle opere, ai relativi spessori e variazioni laterali definite da contatti primari (eteropie, paleo-rilievi, disconformità) e tettonici (faglie), e infine alla geometria e alle caratteristiche delle principali fasce di disturbo tettonico che possano influenzare le opere;
- verifica delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni e della copertura delle aree sensibili per la progettazione; in particolare delle caratteristiche litologiche, idrogeologiche, fisiche e meccaniche dei terreni recuperati in sondaggi e pozzetti geognostici;
- assetto idrogeologico e rapporti con le opere in progetto;
- verifica e approfondimento delle aree di rilevanza progettuale, tra cui la definizione della locale e potenziale interferenza delle aree soggette a vincoli geologici, idrogeologici e/o ambientali in corrispondenza delle opere in progetto;
- ottemperanza alle prescrizioni;
- indagine sulla presenza dei sottoservizi.



## 6.2. Principali tipologie di indagini da realizzare

Le indagini saranno eseguite da ditte specializzate nel rispetto delle prescrizioni del Capitolato che dovrà essere adottato in linea con le indicazioni della Stazione Appaltante.

Nel presente documento non verranno quindi incluse le specifiche tecniche, facendo riferimento al Capitolato citato, e indicando invece solo alcune annotazioni tecniche necessarie per la comprensione degli obiettivi del piano di indagini.

Le principali tipologie di indagini geotecniche e geofisiche previste sono descritte nel seguito insieme ad alcune specifiche particolari. Per le specifiche generali si rimanda al Capitolato di riferimento.

### 6.2.1. Indagini in sito

#### 6.2.1.1. Sondaggi a carotaggio continuo

Saranno eseguiti con carotiere di diametro minimo 100 mm e seguito sempre dal tubo di rivestimento (necessario per prevenire il franamento del foro qualora la natura dei terreni attraversati risulti incoerente e la presenza della falda idrica sia superficiale).

Si vuole sottolineare che si ritiene di fondamentale importanza rilevare la quota di bocca foro e le coordinate mediante rilievo topografico con sistema GPS per la georeferenziazione di tutti i punti di indagine preventivamente all'inizio della perforazione.

Sono previsti 6 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 30 m dal p.c. Durante l'esecuzione dei sondaggi verrà sistematicamente realizzato:

- **recupero delle carote, riconoscimento stratigrafico, descrizione geologico-stratigrafica dei materiali, documentazione fotografica** a colori del materiale carotato adeguatamente disposto e conservato in cassette catalogatrici, le quali dovranno essere conservate in un apposito deposito coperto ed asciutto per tutta la durata del Progetto. Il log stratigrafico riporta i principali parametri di perforazione, le profondità del prelievo dei campioni, le prove e le installazioni in foro. Il sondaggio dovrà essere realizzato con tecniche tali da permettere una percentuale di carotaggio di almeno il 90% e con bassissimo grado di disturbo. A causa della complessità del materiale attraversato dovranno essere usati tutti gli accorgimenti e le esperienze necessarie per individuare le migliori tecnologie di perforazione in funzione del materiale attraversato avendo la disponibilità in cantiere di tutti gli utensili standard (carotiere semplice, doppio e triplo, campionatori a pressione e a rotazione con scarpetta avanzata e triplex T6S e T6T) e con la possibilità/capacità di modificare le tecnologie in funzione dei cambiamenti dei materiali. La scelta della tecnica di avanzamento e del tipo di campionatore sarà decisa di concerto dall'operatore di sonda (che dovrà essere di elevata esperienza), dal geologo assistente di perforazione (dotato di almeno 10 anni di esperienza in cantiere) e dal tecnico di riferimento dell'impresa/progettista;
- **prelievo di campioni** indisturbati (CI) per l'esecuzione delle prove di laboratorio;
- **prove penetrometriche dinamiche (SPT)**, da eseguirsi nel caso vi siano formazioni di copertura di spessore sufficiente per l'esecuzione di una prova per sondaggio. Le prove sono eseguite per una verifica dell'interpretazione stratigrafica, delle caratteristiche di addensamento o consistenza dei



terreni intercettati e una stima delle caratteristiche meccaniche degli stessi, tramite correlazioni empiriche di letteratura. Le prove saranno eseguite a punta aperta. In tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione.

- misurazione dei livelli idrici e del **livello di falda** stabilizzato;
- misure di valori di **Pocket Penetrometer** (PP) nelle carote in terreni coesivi per la stima della coesione non drenata;
- **prove di permeabilità** Lefranc a carico variabile o a carico costante in funzione della risposta del materiale intercettato nel sondaggio e del livello di falda rilevato in foro. Le profondità indicate sono soggette a possibili variazioni, in funzione dell'effettiva quota di rinvenimento delle formazioni da caratterizzare.
- **prove pressiometriche** al fine di definire la deformabilità dei materiali geotecnici ad una scala reale; l'effettivo tipo di prova sarà deciso in corso di esecuzione in funzione delle effettive caratteristiche dei materiali carotati.

Le prove pressiometriche potranno essere eseguite nei primi 30 m e in presenza di materiale non schiettamente litoide, secondo i limiti indicati nelle Specifiche tecniche di riferimento. Il tipo di dilatometro (RDT o SDT secondo le Specifiche Tecniche di riferimento) sarà prescelto in funzione delle caratteristiche del materiale da provare. La ditta incaricata dovrà quindi preventivamente proporre il tipo di dilatometro da utilizzare. Le prove saranno eseguite esclusivamente in avanzamento, seguendo le procedure previste nelle Specifiche tecniche.

#### **6.2.1.2. Monitoraggio ed installazioni in foro**

- Posa in opera di **3 piezometri** con cella Casagrande (nella disposizione a doppia cella dove di interesse) opportunamente protetto con chiusino;
- Posa in opera di **2 piezometri** a tubo aperto opportunamente protetto con chiusino;
- Esecuzione di **3 prove sismiche in foro** (tipo Down-Hole) al fine di dettagliare la variazione delle onde di taglio Vs con la profondità, ai fini della caratterizzazione sismica e geotecnica.

#### **6.2.1.3. Prove penetrometriche statiche**

- Eseguita con piezocono (**CPTu**) realizzate principalmente in terreni coesivi o granulari fini, spinte fino ad una profondità massima di 30m (compatibilmente il limite fisico di eseguibilità legato al rifiuto strumentale). Le CPTU si sono localizzate in modo da consentire la caratterizzazione geotecnica delle facies argillose e limoso sabbiose afferenti ai depositi e permettere la misura delle pressioni interstiziali in continuità lungo le verticali.
- Tenuto conto della presenza di terreni granulari grossolani (sabbie e ghiaie) potrà essere utilizzato il penetrometro dinamico superpesante DPSH. Sarà preferibile l'adozione di macchinari che possano utilizzare entrambi i metodi dinamici e statici nel caso di attraversamenti di potenti strati di materiali a grana fine. Sarà utilizzata l'attrezzatura prevista dalla EN ISO DPSH-B. La prova penetrometrica dinamica dovrà essere eseguita prevedendo l'infissione della punta conica

nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm e misurando il numero di colpi necessari per l'avanzamento. Verranno impiegate, per l'infissione, aste forate (possono essere fornite dietro richiesta dal costruttore) con punta avvitata o a perdere, a giudizio dell'impresa esecutrice, con fori laterali poco al di sopra della punta conica, pompando fango dopo l'infissione di ogni asta per lubrificare l'intercapedine tra batteria di aste e terreno. In alternativa le prove possono essere eseguite "all'italiana" (AGI 1977) cioè con rivestimento da inserire dopo l'infissione di ciascuna asta. Relativamente alle profondità di progetto da raggiungere, la prova penetrometrica DPSH sarà eseguita fino al conseguimento dei limiti di rifiuto strumentali di resistenza o al raggiungimento di una profondità pari a 15 m. Per garantire l'uniformità dei risultati di prove eseguite con diverse attrezzature e modalità, dovrà essere calcolata la resistenza alla penetrazione dinamica  $q_d$  (MPa), che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura, in accordo alla seguente espressione:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} + \frac{M g H}{A e} \quad [\text{MPa}]$$

dove:

- M = massa del maglio;
- M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste;
- g = accelerazione di gravità;
- H = altezza di caduta del maglio;
- A = area della sezione trasversale della punta;
- e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il n° di colpi).

La documentazione di prova dovrà comprendere:

- Informazioni generali; ubicazione e numero della prova, quota (assoluta o relativa) di p.c.;
- Tipo di attrezzatura impiegata: tipo di penetrometro, dimensioni e apertura della punta conica, diametro delle aste e loro peso al metro lineare;
- È importante conoscere il rendimento medio del dispositivo di battitura; in assenza verranno indicati: il costruttore, precisata la geometria del maglio, della testa di battuta e il dispositivo di sganciamento
- Penetrazione di riferimento (20 cm);
- Tabella dei dati di resistenza alla punta ( $N_{20}$ ) rilevati durante la prova;
- Grafico della resistenza penetrometrica alla punta ( $N_{20}$ ) in funzione della profondità;
- Grafico della resistenza alla penetrazione dinamica  $q_d$  (MPa) in funzione della profondità;
- Ogni annotazione utile alla corretta interpretazione della prova.

### 6.2.2. Indagini geofisiche

In corrispondenza di verticali significative di sondaggio e con particolare riferimento alla caratterizzazione sismica dei terreni intercettati saranno realizzate le seguenti indagini geofisiche. Si precisa che tenuto

conto dell'elevata specializzazione necessaria per le indagini geofisiche, oltre alle specifiche minime previste nel Capitolato, vengono richiesti ulteriori requisiti e criteri esecutivi che vengono riassunti nel seguito.

#### 6.2.2.1. Down-Hole

Sono previste 3 prove sismiche in foro di tipo Down-Hole ai fini in precedenza riportati.

#### 6.2.2.2. Sismica a rifrazione

Sono previste 2 tomografie a rifrazione in onde  $V_p+V_s$  per ricostruire l'andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo, valutando i cambiamenti nella risposta sismica lungo una determinata tratta.

Gli stendimenti sismici avranno lunghezza minima di 200 m con 80 sensori geofonici spazati 2,5 m. L'interdistanza dei sensori per ogni sezione dovrà essere costante (non sono corrette sezioni con passi diversi tra i sensori se non solo per brevi tratti).

Al fine di ottimizzare la ricezione ed il rapporto segnale disturbo viene richiesto un numero minimo di stack pari a 5 al fine di ottimizzare primi e secondi arrivi. Geofoni con frequenza minima di 10 Hz (cavi schermati) e sismografi con dinamica 24bit e sampling rate minimo 0,125 millisec.

Per ogni punto di ricezione rilievo topografico con GPS (in modalità RTK) e precisione plano-altimetrica di +/-15cm; il tracciato planimetrico dovrà essere restituito su planimetria georeferenziata in formato dwg.

Le stesse specifiche di interdistanza geofonica e di geometria/modalità di energizzazione sono richieste per le sezioni da acquisire in sola rifrazione (onde P+S - onde P).

La restituzione dei dati dovrà avvenire sotto forma di rappresentazione tomografica delle velocità delle onde P ed S.

#### 6.2.2.3. Prospezioni geoelettriche ERT

Sono volte ad incrementare l'accuratezza delle informazioni delle prove sismiche e fornire direttamente le informazioni relative alla trasmissività elettrica del sottosuolo correlabile alle litologie ed alla presenza d'acqua. Inoltre, saranno fondamentale per lo studio di cavità.

Le prospezioni geoelettriche con profili di resistività ERT, capaci di individuare la presenza di corpi sepolti a bassa resistività come porzioni limo-argillose sature, torbe ed eventuali anomalie di tipo carsico. Poiché sarà necessario indagare in profondità, per avere un adeguato dettaglio della ricostruzione si dovrà adottare una distanza elettroica non superiore a 5 m e preferibilmente 2,5 m. Si prevede di eseguire stendimenti di lunghezza complessiva fino a 1 km che potranno essere eseguiti in tratte di varia lunghezza (ognuna di circa 250 m per avere una penetrazione di almeno 50 m con elevato dettaglio). Le prospezioni dovranno essere eseguite da ditte altamente specializzate nelle indagini geofisiche con attrezzatura di elevata qualità, preferibilmente con un georesistivimetro multielettrodo e multicanale capace di gestire contemporaneamente almeno 256 elettrodi. Lo strumento dovrà essere almeno a 10 canali di ricezione per consentire l'acquisizione contemporanea di più quadripoli. L'elaborazione dei dati dovrà essere effettuata con la tecnica della tomografia elettrica.

#### 6.2.2.4. Indagine sismica passiva HVSR

Sono eseguite per la valutazione del profilo verticale delle velocità delle onde di taglio (calcolo  $V_{S,eq}$ ) e la valutazione delle caratteristiche dinamiche del sito dal punto di vista sismico (stima della frequenza di risonanza del sito).

### 6.2.3. Prove di laboratorio geotecnico

Le quantità delle prove di laboratorio proposte sono riportate nel paragrafo seguente in apposite tabelle. La fase realizzativa potrà mostrare delle variazioni delle quote di campionamento e delle prove associate legate alla effettiva natura dei materiali riscontrati durante l'esecuzione delle perforazioni.

Tutte le prove di laboratorio previste saranno eseguite secondo gli standard normativi ASTM e UNI corrispondenti.

Sui campioni indisturbati e litoidi prelevati lungo le verticali di sondaggio sono previste le seguenti prove di laboratorio:

#### 6.2.3.1. Proprietà fisiche, indici e classificazione

- determinazione del **peso di volume naturale**;
- determinazione del **contenuto naturale d'acqua**;
- analisi **granulometriche** (setacciatura e sedimentazione);
- determinazione dei **limiti di Atterberg**;

#### 6.2.3.2. Resistenza meccanica e deformabilità

- prove triassiali del tipo consolidata isotropicamente - non drenata (CU) e non consolidata - non drenata (UU);
- prove di taglio diretto (TD);
- prove cicliche di colonna risonante (RC);
- prove edometriche.

## 7. SINTESI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE PROPOSTE

Nelle tabelle seguenti vengono sintetizzate le indagini proposte a supporto della futura progettazione di fattibilità tecnico-economica. L'ubicazione e la descrizione delle indagini si riporta nelle schede monografiche al §8.

ID	L (m)	Tipologia di perforazione	Attrezzatura	Prove di deformabilità	Prove di permeabilità	SP T	Campioni Indisturbati
S1	50	Carotaggio Continuo	Prova Down-Hole	2	2	12	8
S2	40	Carotaggio Continuo	Piezometro T.A.	1	2	12	5
S3	50	Carotaggio	Prova Down-Hole	2	2	12	6

## REALIZZAZIONE TERMOVALORIZZATORE DI PALERMO

		Continuo					
S4	40	Carotaggio Continuo	Piezometro Casagrande	1	2	10	5
S5	40	Carotaggio Continuo	Prova Down-Hole	1	2	10	5
S6	30	Carotaggio Continuo	Piezometro T.A.	-	1	8	4
S7	30	Carotaggio Continuo	Piezometro Casagrande	-	1	8	4
S8	30	Carotaggio Continuo	Piezometro Casagrande	-	1	8	4
CPTu1	30	-	-	-	-	-	-
CPTu2	30	-	-	-	-	-	-
CPTu3	30	-	-	-	-	-	-
CPTu4	30	-	-	-	-	-	-
CPTu5	30	-	-	-	-	-	-
CPTu6	30	-	-	-	-	-	-
CPTu7	30	-	-	-	-	-	-
CPTu8	30	-	-	-	-	-	-

Tabella 2: Riepilogo delle indagini geognostiche proposte.

ID	L (m)	Tipologia indagine
ERT1	250	Tomografia elettrica di resistività
ERT2	250	Tomografia elettrica di resistività
ERT3	250	Tomografia elettrica di resistività
ERT4	250	Tomografia elettrica di resistività
RIFRA1	200	Tomografia sismica a rifrazione in onde P e S
RIFRA2	200	Tomografia sismica a rifrazione in onde P e S
HVSR1	-	HVSR
HVSR2	-	HVSR
HVSR3	-	HVSR
HVSR4	-	HVSR
GEO		Georadar

Tabella 3: Riepilogo delle indagini geofisiche proposte.



## 8. SCHEDE MONOGRAFICHE

### 8.1. Sondaggio S1

TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA			
<b>Sondaggio S1</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 2'56.96"E 37°26'53.38"N	<b>Quota:</b> 7 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 50 m (da confermare in corso d'opera)		<b>Verticale</b>	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 35m. N. 2 prove pressimetriche nell'intervallo tra 10 e 20m. N° 2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratte di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 8 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 6-12-18-24-30-35-40-45m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> preparazione del foro per prova Down-Hole.			
<b>Note:</b> Eseguire prescavo ed indagine georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			
			



## 8.2. Sondaggio S2

### TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA

<b>Sondaggio S2</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 3'1.07"E 37°26'51.55"N	<b>Quota:</b> 5 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 40 m (da confermare in corso d'opera)		Verticale	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 35m. N. 1 prova pressiométrica nell'intervallo tra 10m e 20m. N° 2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratte di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 5 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 6-12-18-24-30m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> piezometro a tubo aperto con tratto finestrato tra 30-40m.			
<b>Note:</b> Eseguire indagine georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			



### 8.3. Sondaggio S3

#### TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA

<b>Sondaggio S3</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 3'6.52"E 37°26'49.07"N	<b>Quota:</b> 6 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 50 m (da confermare in corso d'opera)		<b>Verticale</b>	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 35m. N. 2 prove pressiometriche negli intervalli tra 5 e 10m e tra 10 e 20m. N° 2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratte di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 6 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 6-12-18-24-30-35m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> preparazione del foro per prova Down-Hole.			
<b>Note:</b> Eseguire indagine georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			






## 8.4. Sondaggio S4


TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA			
<b>Sondaggio S4</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 3'2.83"E 37°26'54.04"N	<b>Quota:</b> 6 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 40 m (da confermare in corso d'opera)		Verticale	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 35m. N. 1 prova pressiométrica nell'intervallo tra 10 e 20m. N° 2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratte di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 5 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 6-12-18-24-30m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> piezometro con cella Casagrande. Cella ubicata a fondo foro.			
<b>Note:</b> Eseguire indagine e georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			
			

## 8.5. Sondaggio S5

TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA			
<b>Sondaggio S5</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 2'58.67"E 37°26'47.79"N	<b>Quota:</b> 7 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 40 m (da confermare in corso d'opera)		Verticale	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 35m. N. 1 prova pressiometrica nell'intervallo tra 10 e 20m. N° 2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratte di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 5 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 6-12-18-24-30m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> preparazione del foro per prova Down-Hole.			
<b>Note:</b> Eseguire indagine georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			
			



## 8.6. Sondaggio S6

TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA			
<b>Sondaggio S6</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 2'54.72"E 37°26'49.74"N	<b>Quota:</b> 8 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 30 m (da confermare in corso d'opera)		Verticale	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 30m. N° 1 prova di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratta di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 4 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 5-10-20-25m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> piezometro a tubo aperto con tratto finestrato tra 20-30m.			
<b>Note:</b> Eseguire indagine georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			
			

## 8.7. Sondaggio S7

TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA			
<b>Sondaggio S7</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 3'4.14"E 37°26'45.45"N	<b>Quota:</b> 6 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 30 m (da confermare in corso d'opera)		Verticale	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 30m. N° 1 prova di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratta di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 4 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 5-10-20-25m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> piezometro con cella Casagrande. Cella ubicata a fondo foro.			
<b>Note:</b> Eseguire indagine georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			
			



## 8.8. Sondaggio S8

TERMOVALORIZZATORE DI CATANIA			
<b>Sondaggio S8</b>	<b>Progr. -</b>	<b>Coordinate:</b> 15° 3'10.79"E 37°26'46.45"N	<b>Quota:</b> 6 m s.l.m. ca.
<b>Lunghezza:</b> 30 m (da confermare in corso d'opera)		Verticale	<b>Perforazione:</b> carotaggio continuo
<b>Obiettivi:</b> Caratterizzazione stratigrafica e definizione parametri geotecnici.			
<b>Prove in sito:</b> SPT ogni 3m fino a 20m e ogni 5m fino a 30m. N° 1 prova di permeabilità Lefranc a carico variabile su tratta di 3m, nell'intervallo tra 0 e 10m, da definire in corso d'opera.			
<b>Prelievo di campioni:</b> in tutte le prove SPT (da realizzare con campionatore Raymond) il materiale verrà conservato in una busta con l'indicazione di sondaggio e profondità; verrà successivamente deciso quali di questi campioni verranno destinati al laboratorio per le prove di identificazione e classificazione. Prelievo di 4 campioni indisturbati ove siano attraversati terreni coesivi (a priori a 5-10-15-20m). N.B.: l'esatta profondità delle prove in sito e del prelievo di campioni potrà essere adattata alla stratigrafia effettivamente incontrata.			
<b>Attrezzatura foro:</b> piezometro con cella Casagrande. Cella ubicata a fondo foro.			
<b>Note:</b> Eseguire indagine georadar prima di iniziare la perforazione.			
<b>STRALCIO GOOGLE EARTH</b>			
			