

**A7**

**RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

**IMPIANTO DI RECUPERO DEL LETAME  
E FRAZIONE UMIDA DEI RIFIUTI  
PER LA PRODUZIONE DI COMPOST ED ENERGIA**

**MODIFICA DI PROGETTO DI IMPIANTO PER IL SOLO RECUPERO DEL  
LETAME GIA' AUTORIZZATO CON A.U. DELLA PROVINCIA DI  
GROSSETO EX D.D. 582 DEL 23/02/2009**

**COMUNE DI CAMPAGNATICO  
PROVINCIA DI GROSSETO**



# Comune di Campagnatico

Provincia di Grosseto

Lavori per:  
completamento di un impianto per la  
realizzazione di biogas alimentato da  
letami, FORSU e scarti organici

- Loc. Ontaneta, Montorsaio -

Committente: Marcopolo Engineering spa

Gruppo di lavoro:

*Geol. SIMONA PETRUCCI*  
*Corso Carducci, 6 - 58100 Grosseto*  
*C.f. PTRSMN71D57E202K*

Timbro e Firma:



**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**  
**Dott. Geol. Simona Petrucci**



Corso Carducci n°6 - 58100 - Grosseto (Gr)  
Tel 056425217- fax 0564417808  
e-mail: spetruc@libero.it

TAV.

SCALA

DATA

Luglio 2014

## RELAZIONE GEOLOGICA

# RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

PARAGRAFO	PAG.
1. Premessa_____	2
2. Vincolistica_____	5
3. Inquadramento geografico- geomorfologico_____	7
4. Inquadramento geologico_____	11
5. Inquadramento idrogeologico_____	12
6. Acquisizione dati del sottosuolo_____	18
7. Stima parametri caratteristici del terreno _____	30
8. Stima capacità portante del terreno di fondazione_____	56
9. Terre e rocce da scavo_____	63
10. Considerazioni sismiche_____	64
11. Considerazioni conclusive_____	66

## ALLEGATI NEL TESTO:

- FIG.1: BACINO IDROGRAFICO FOSSO DELLA NAVE
- Prova penetrometrica dinamica.

## ALLEGATI AL TESTO:

- **TAV. 1:** *Corografia dei luoghi, Planimetria catastale, Carta tutela del territorio, Carta Geologica, Sezione geologico-litostratigrafica, foto e planimetria di dettaglio.*
- **TAV. 2:** *Corografia dei luoghi, Planimetria catastale, Carta tutela del territorio, Carta Geologica, Sezione geologico-litostratigrafica, foto e planimetria di dettaglio.*

# 1. Premessa

Su incarico e per conto della **Società “Marcopolo Engineering S.p.a.-Sistemi Ecologici**, è stata effettuata un’indagine geologico-geotecnica relativa al completamento di un impianto per la realizzazione di biogas alimentato da letami, FORSU e scarti organici, ubicato in località Ontaneta, frazione di Montorsaio, nel Comune di Campagnatico. La seguente relazione, redatta ai sensi della seguente normativa:

- *D.M. 11/03/1988 e della relativa Circ. Appl. Min. LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988,*
- *Decreto Interministeriale 14/09/2005 “norme tecniche per le costruzioni”,*
- *D.L. 152 del 29/03/2006 “Norme in materia ambientale”,*
- *Art. 185 D.Lgs 152/2006,*
- *D.L. 3267 del 1923 “Individuazione aree soggette a Vincolo idrogeologico”,*
- *Ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 “primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica”, Del. G.R. 431 del 19/06/2006 “Attuazione del D.M. 14/09/2005 e O.P.C.M. 519 del 28/04/2006” e del D.M. 14/01/2008,*
- *Norme Tecniche del P.A.I.,*
- *Piano Strutturale Comune di Campagnatico,*
- *Regolamento Urbanistico del Comune di Campagnatico,*
- *P.T.C. Provincia di Grosseto,*

ha come scopo la ricostruzione degli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici dei luoghi di interesse al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico i terreni presenti nel sottosuolo di proprietà della Committenza.

Le indagini svolte sono state finalizzate all’accertamento dell’assenza di interferenza tra quanto in progetto ed il contesto morfologico, idrogeologico ed idrogeochimico dell’area in esame, cioè di quella porzione di territorio (comprendente l’area interessata dall’ubicazione delle opere e quella ad essa limitrofa) individuabile con criteri geomorfologici ed idrogeologici il cui equilibrio potrebbe essere alterato dalla realizzazione delle opere o, viceversa, i cui processi evolutivi potrebbero compromettere l’utilizzazione delle strutture in progetto. La presente relazione geologica si prefigge,

inoltre, di stimare, conseguentemente alla realizzazione degli interventi, l'entità delle alterazioni e/o interazioni ambientali e la stabilità generale della zona.

Gli interventi in progetto saranno realizzati nelle particelle n°137, 138, 142, 144, 146 del Foglio n°5 del Comune di Campagnatico dove è già esistente un impianto di biogas già parzialmente costruito a seguito dell'autorizzazione unica A.U. della MARCOPOLO Engineering S.p.A. – Sistemi Ecologici con D.D. n. 582 del 23/02/2009 rilasciata dalla Provincia di Grosseto per la costruzione e l'esercizio, ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 387/03 e art. 13 della L.R. 39/2005 ed oggetto di variazioni impiantistiche.

Secondo la documentazione di progetto definitivo (allegata alla presente) le aree destinate allo stoccaggio e al trattamento dei rifiuti verranno ricavate all'interno di strutture chiuse delimitate da muri perimetrali e coperture; inoltre tutte le superfici interne di tali strutture sono adeguatamente impermeabilizzate con cemento o asfalto (oggetto periodicamente di manutenzione ordinaria e straordinaria) e saranno realizzate con pendenza media dell'1% in modo tale da raccogliere e convogliare gli eventuali residui di lavorazione alla rete acque di processo. Lungo le vie di entrata e uscita dall'impianto, verranno inserite idonee griglie al fine di evitare l'uscita delle acque meteoriche dalle aree di manovra interne all'impianto. In dettaglio l'impianto si compone di (estratto dalla Relazione Tecnica):

- n.1 pesa per il controllo delle quantità conferite e rilasciate,
- n. 1 ufficio-archivio e annesso spogliatoio con bagni,
- n. 1 capannone prefabbricato di "pretrattamento materiale in ingresso" per lo stoccaggio e pre-selezione delle matrici organiche,
- n.1 sistema di biofiltrazione delle arie a servizio del capannone di pretrattamento delle matrici in ingresso,
- n. 1 area ricovero mezzi e deposito cassoni,
- n.3 digestori anaerobici e le opere annesse al loro funzionamento,
- l'unità di co-generazione,
- n. 1 sistema di desolforazione,
- n. 1 vasca di stoccaggio della frazione liquida del digestato,
- n. 1 separatore solido-liquido e un'area coperta da tettoia per lo stoccaggio della frazione solida separata da destinare al compostaggio,
- n.1 capannone prefabbricato per il trattamento della frazione liquida del digestato,
- n. 1 vasca di stoccaggio della frazione liquida del digestato depurata,
- n. 3 aree coperte da tettoia per la maturazione del digestato,
- n. 1 area coperta da tettoia per lo stoccaggio dell'ammendante compostato misto pronto alla vendita e delle altre matrici da utilizzare nel processo di produzione dell'ammendante stesso,
- n. 1 vasca di emergenza per i Vigili del Fuoco,

- n.1 cisterna di stoccaggio del gasolio per il rifornimento dei mezzi circolanti nell'impianto,
- n.1 sistema di lavaggio ruote per i mezzi in uscita dall'impianto,
- n. 1 cabina di connessione dell'impianto alla rete elettrica nazionale.

La nuova soluzione progettuale consente di riutilizzare integralmente tutti i manufatti già realizzati che consistono in:

- n.3 vasche in cls coibentate per la realizzazione dei digestori anaerobici (1 vasca di idrolisi e 2 digestori anaerobici);
- n.1 vasca rettangolare in cls per lo stoccaggio della frazione liquida del digestato;
- n.1 vasca di stoccaggio dell'acqua a servizio della rete antincendio;
- n.1 cabina elettrica e relativo cavidotto per la connessione dell'impianto alla rete elettrica nazionale.

Infine sono già stati realizzati la maggior parte degli sbancamenti idonei alla creazione dei piani di appoggio dei vari manufatti previsti anche dal nuovo progetto.

Valutata la finalità del progetto, si è proceduto ad effettuare un rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi d'interesse, in modo tale da ottenere informazioni da integrare con i dati ricavati dalle indagini effettuate direttamente in sito con i dati tratti dalla bibliografia e cartografia esistente.

Le analisi, tenuto conto il tipo d'intervento previsto, si sono così sviluppate:

**1) indagini preliminari con rilievi direttamente sul posto, in particolare:**

- *rilievo geologico e idrogeologico dei luoghi e di un loro significativo intorno;*

**2) ricostruzione della successione stratigrafica locale e determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni affioranti attraverso:**

- *l'elaborazione di una prova penetrometrica statica Cpt1 e una prova penetrometrica dinamica Dpsh1 pregresse,*
- *definizione dei "parametri" sismici dell'ammasso roccioso attraverso un profilo sismico Masw pregresso, per la determinazione delle onde "S";*
- *raccolta di dati da studi o ricerche relative a processi morfogenetici in atto (Proposta di nuova perimetrazione del Vincolo Idrogeologico o Carta del Dissesto della Provincia di Grosseto anno 1999), P.A.I. Fiume Ombrone redatto dalla Regione Toscana (anno 2004), Piano Strutturale di Campagnatico e P.T.C. della Provincia di Grosseto (anno 2010).*

**3) elaborazione e sintesi dei dati ottenuti, con particolare riferimento:**

- *alla valutazione dell'impatto che le opere possono avere sul regime idrogeologico della zona;*

- *elaborazione e sintesi dei dati ottenuti secondo i modelli più adatti alla risoluzione analitica del problema, con particolare riferimento alla stabilità del sito al mutare degli stati tensionali locali per effetto delle strutture in oggetto attraverso un'analisi di stabilità del versante (allegata alla presente Relazione).*

## 2 . Vincolistica

L'area esaminata, cartograficamente rappresentata nel Foglio 319 Sez. I<sup>a</sup> "Civitella Paganico" della nuova Carta Topografica d'Italia (1:25.000) ed in dettaglio nell'elemento 319070 della nuova Carta Tecnica 1:10.000.

L'area esaminata è inserita tra le zone soggette a **Vincolo Idrogeologico** ai sensi del R.D.L. 3267/23, oggi disciplinate dalla Legge Regionale 21.03.2000 n°39 e s.m.i. (*Legge Forestale della Toscana*) e dal relativo regolamento d'attuazione D.P.G.R. 48/R del 08/08/2003. Ai sensi della Del.C.P. 58/99 (Proposta di nuova perimetrazione del Vincolo Idrogeologico) l'area rientra tra le zone deperimstrate

Il Comune di Campagnatico, ai sensi della nuova normativa in materia di **rischio sismico**, Del. di Giunta Regionale n. 431 del 19 giugno 2006 e Ord. P.C.M. n° 3519 del 28 aprile 2006 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "*Riclassificazione sismica del territorio regionale*", è classificato come "zona 3" per la quale s'individua un valore d'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni da 0,05 a 0.15..

Ai sensi della Del. C.R. n° 791 del 29/12/1981 e D.M. 19/3/1982, lo stesso comune rientrava tra le zone non classificate sismiche. Ad oggi si può asserire che:

- vista la Del. GRT n° 604 del 16/06/2003 con la quale è stata recepita la riclassificazione sismica preliminare contenuta nell'all. 1 all'Ord. OPCM 3274/03,

- vista la Del. GRT 751 del 28/07/2003 con la quale veniva data la possibilità ai cittadini dei comuni prima non sismici poi classificati tali con l'ordinanza 3274/03 di utilizzare quale normativa sismica, per presentare i progetti presso gli uffici regionali, quella del DM 16/01/1996,

- vista la Del. CR n° 169 del 08/10/2003 con la quale la Regione Toscana rendeva obbligatoria la progettazione con criteri antisismici delle costruzioni anche nelle zona 4,

- visto che l'emanazione del DM 14/09/2005 "Norme tecniche per le costruzioni" apporta delle importanti modifiche anche per ciò che concerne i criteri di classificazione

sismica del territorio nazionale ed infatti vengono rivisti i valori di ancoraggio dello spettro di risposta elastico tranne che per la zona "4" visti i bassi valori di accelerazione,

- vista la Del. 19/06/2006 n° 431 "Riclassificazione sismica del territorio regionale in attuazione del D.M. 14/09/2005 e O.P.C. 3519 del 28/04/2006 pubblicata sulla gazzetta ufficiale dell'11/05/2006,

- visto il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sulla gazzetta ufficiale dell'04/02/2008,

il Comune di Campagnatico rimane nella "Classe 3" della nuova classificazione sismica.

Ai sensi del **P.A.I.** (ex Sarno L. 1212/99) il lotto in esame ricade sia all'interno del "Dominio geomorfologico e idraulico-forestale" che nel "Dominio Idraulico", al di fuori delle aree soggette a Pericolosità Idraulica elevata e/o molto elevata.

L'area sede dell'impianto ricade all'interno del **Vincolo Paesaggistico** ai sensi del D.Lgs 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" art. 142 lettera g) territori coperti da foreste e da boschi e lettera h) zone gravate da usi civici.

Visionato il **Piano Strutturale del Comune di Campagnatico** si può dichiarare che il lotto in esame ricade:

- Carta del Rischio Idraulico: in parte in classe 2;
- Carta degli Ambiti: in nessun ambito;
- Carta della Pericolosità Geologica: in parte in classe 2 ,bassa ed in parte ricade in classe 3;
- Carta della Vulnerabilità della Falda: depositi elio colluviali e vulnerabilità 2,formazioni prevalentemente argillosa mioplioceniche.

Visionato il **Regolamento Urbanistico del Comune di Campagnatico** si può dichiarare che il lotto in esame ricade:

-*Sistemi paesistico-ambientali ambiti extraurbani*: insediamenti produttivi.

Visionato il **P.T.C. della Provincia di Grosseto** si può dichiarare che il lotto in esame ricade:

- Tavola 2.2 "Aria, acqua e suolo": in nessun ambito,
- Tavola 3.2 "Morfologia territoriale": rilievi di Monte Leoni,
- Tavola 4 "Infrastrutture e insediamenti": in nessun ambito,



- Tavola 5 “Azioni strategiche”: città dei poderi.

### **3 . Inquadramento geografico-geomorfologico**

L'area esaminata, è situata all'interno del territorio comunale di Campagnatico, in località Montorsaio-Casa Ontaneta lungo le pendici orientali della dorsale collinare-montuoso orientata NE-SO e culminante in Monte Leoni. Alla proprietà in esame si accede attraverso la Strada Comunale di Pietratonda che collega la frazione di Montorsaio al centro abitato di Paganico. In dettaglio, l'area si colloca su un tratto di versante posto ad una quota compresa tra 148 s.l.m. e 150 m s.l.m., caratterizzato da una superficie semiplanare di natura antropica, sede negli anni passati di una cava (coltivazione di sabbie silicee) ed oggi dimora di un allevamento intensivo di bovini e dell'impianto di biogas in oggetto.

L'intero comprensorio investigato ricade all'interno di un ambiente di tipo continentale, caratterizzato da rilievi debolmente accentuati, separati da valli fluviali incise in cui scorrono corsi d'acqua a tracciato naturale. L'areale esaminato è posto lungo le pendici orientali di Poggio Vaccherecce che costituisce le propaggini nord-orientali di Monte Leoni costituente, invece, il culmine della dorsale collinare montuoso con linea di cresta orientata NE-SO. La valle in cui scorre il Fosso della Nave, separa la dorsale di cui sopra da quella su cui si erige il paese di Montenero.

In dettaglio l'area in esame è posta tra una quota variabile da +145 m e +150 metri s.l.m., in un tratto che nel complesso presenta pendenze del 15% ma, localmente, decrescenti fino a valori < al 5% (~2,8°). La sezione geologica riportata in Tavola Geologica, su cui è stata fatta la verifica di stabilità, presenta una pendenza media di 10% ossia.

Dal punto di vista geomorfologico, in relazione alle finalità progettuali, sono stati analizzati gli elementi morfodinamici esogeni ed antropici che maggiormente hanno caratterizzato il sito esaminato e che tutto oggi contribuiscono in maniera apprezzabile a modificarne l'assetto. Si è proceduto, quindi, ad effettuare uno studio delle forme e dei depositi presenti nel comprensorio per la redazione di una Carte Geomorfologica,

riportata in Tavola Geologica, ossia una carta tematica che rappresenta, nella loro distribuzione temporale e spaziale, sia le forme specifiche sia gli insiemi geomorfologici.

La lettura di questa carta oltre a fornire notizie di carattere morfometrico, permette d'interpretare le forme, distinte secondo i processi responsabili della loro origine, dal punto di vista genetico e cronologico; inoltre, permette di capire il grado d'attività dei processi morfologici (attivi, quiescenti e inattivi).

All'interno dei comprensori esaminati, sono state individuate forme e depositi geomorfologici imputabili a diversi processi morfogenetici, di seguito elencati e descritti.

#### 4.1 FORME LEGATE ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI tra cui si distinguono:

**Corsi d'acqua.** L'orografia ha condizionato l'idrografia, che nel complesso è caratterizzata dalla presenza di un reticolo a densità medio-alta, con corsi d'acqua a regime variabile. Il F.<sup>so</sup> della Nave (detto anche La Nave) e il fosso Fogna sono gli elementi idrografici principali della zona in esame. Il primo nasce dai versanti settentrionali di P.<sup>gio</sup> del Moscoso, circa 800 metri a sud-ovest del sito investigato e, nel tratto interessato, scorre parallelamente alla Strada Comunale di Pietratonda in direzione SO/NE per poi riversare le sue acque nel Fosso delle Carpinelle/Fogna, ubicato circa 500 m a Nord dell'area in esame.

Nel Fosso della Nave, confluiscono sia l'insieme dei fossi d'erosione concentrata che incidono i versanti orientali della dorsale collinare orientata N-S passante per gli alti di Crostone Sud (+262 m s.l.m.), Crostone Nord (+ 231 m s.l.m.) e culminante in Poggio Vaccherecce (+263 m s.l.m.), sia le aste idrografiche che incidono i versanti occidentali della dorsale collinare orientata SO-NE e passante per Poggio l'Acquaviva (+227 m s.l.m.), Poggio Pietratonda (+217 m s.l.m.) e culminante Poggio la Pigna (+451 m sl.m.).

Il Fosso Ontaneta, che separa le pendici orientali di Poggio Veccherecce (su cui ricade l'area esaminata) dai versanti occidentali della dorsale di Poggio Pietratonda-Poggio Acquaviva, dopo aver percorso oltre 7 km in alvei incisi in versanti debolmente acclivi, defluisce nella Valle del Fosso Fogna a sua volta defluente nel più importante e imponente Fiume Ombrone.

Sul limite Nord dell'area di intervento è presente una fossa campestre che è stata inserita nel reticolo significativo del P.A.I. Ombrone e che si immette nel Fosso della Nave in corrispondenza del ponte di accesso al Podere Ontaneta. Attualmente la fossa è completamente inerbita ed in precarie condizioni di manutenzione; la sua sezione è

assimilabile ad un troco di piramide rovescia con base maggiore pari a 0,8 m, base minore 0,4 m ed altezza (profondità dal p.c.) circa 0,4 m. Nella carta del reticolo idrografico del P.A.I. Ombrone, tale fossetta convoglia le proprie acque in un laghetto collinare (ex area cava sabbie silicee), posto pochi metri a sud-est del sito sede dell'impianto.

Le caratteristiche delle aste idrografiche più prossime all'areale d'intervento sono riportate nella tabella sottostante con evidenziate le principali caratteristiche morfologiche:

<b>Corso d'acqua</b>	<b>Natura</b>	<b>Ampiezza Letto base m</b>	<b>Sponde m</b>	<b>Argine m</b>	<b>Deflusso</b>	<b>Regime</b>
<i>Fosso della Nave</i>	Naturale	2,0	2,20	0,10	superficiale	Semi Permanente
<i>Fosso della Fogna</i>	Naturale	3,5/5	2/2,7	0,20	superficiale	Permanente
<i>Fossetta campestre</i>	Antropica	0,8	0,4	-	superficiale	temporaneo

**Ruscellamento superficiale.** La porzione di territorio indagata è interessata da una circolazione idrica superficiale nel complesso modesta e, comunque, in stretta relazione alla litologia affiorante ed alle pendenze locali; dove affiorano i depositi detritici incoerenti di basso geomorfologico l'acqua meteorica tende quasi completamente ad infiltrarsi mentre alla sommità del rilievo, ove affiorano direttamente materiali lapidei coerenti, l'acqua tende in minima parte ad infiltrarsi e per la maggior parte, invece, a ruscellare verso zone più depresse. Le acque che cadono nel comprensorio esaminato, confluiscono in parte nella fossa campestre di cui sopra ed in parte nel Fosso della Nave. Si riporta di seguito il reticolo idrografico dell'intero comprensorio segnalato nelle carte del P.A.I. Ombrone (Fig. 1) ed il percorso che le acque che cadono nell'areale esaminato effettuano prima di arrivare al Fosso Fogna (Fig 2).

**Laghetti collinari.** Sono presenti, in adiacenza al sito in esame, alcuni laghetti idrici un tempo sede di cave operanti nell'estrazione di sabbia silicea. Si tratta di depressioni, antropiche che, una volta dismesse, sono diventate, in maniera naturale, dei recipienti di accumulo delle acque meteoriche, oggi sfruttate sia dall'uomo che dagli animali presenti nella zona. All'interno del laghetto (ex cava) adiacente al sito d'intervento, è presente

acqua durante quasi tutto l'anno e viene principalmente utilizzata dall'azienda limitrofa per la conduzione dell'allevamento bovino.

#### 4.2 FORME E DEPOSITI DOVUTI ALLA GRAVITÀ

**Soil Creep.** Si fa riferimento ai primi 50/100 cm di terreno che per effetto della gravità si muovono verso il basso. Alberi uncinati, ossia con fusto che devia dalla verticale di un certo grado, costituiscono indizi molto importanti per determinare l'intensità di questo processo: maggiore è l'uncinatura, maggiore sarà l'angolo di deviazione, maggiore sarà l'intensità del fenomeno e, quindi, più alto sarà lo spessore di terreno coinvolto. Gli alberi presenti nei siti investigati presentano dei tronchi ben dritti e solo localmente lievemente inclinati rispetto alla verticale nelle aree poste nei versanti più acclivi di Poggio Vaccherecce, ad una distanza di oltre 1 Km dal sito in questione

**Frane.** Si fa riferimento a tutti quei fenomeni di caduta e movimenti di masse rocciose o di materiali sciolti, innescati dalla forza di gravità. L'attuale morfologia dell'area esaminata, rappresenta una forma in cui fattori naturali ed in minima parte antropici hanno agito in concomitanza causando l'attuale profilo del terreno e la natura del deposito superficiale affiorante. Lo stato di attività di una frana e le sue caratteristiche geomorfologiche sono strettamente dipendenti anche dalle condizioni climatiche. Nel sito investigato e nel raggio di oltre 500 metri, non sono state rilevate frane attive (come confermato dallo studio delle ortofotocarte e dal telerilevamento).

#### 4.3 FORME E DEPOSITI DI CARATTERE ANTROPICO

**Cave.** Le ex aree cave presenti nell'area, sono ben visibili sia cartograficamente (le isoipse creano dei cerchi concentrici) sia in loco in quanto si tratta di aree depresse in cui hanno sede laghetti collinari. Alcune di queste cave sono in fase di recupero quali ad esempio la Cava di Sugherina posta ad est del sito d'intervento e dal quale è separata mediante il fosso della Nave. Questa Cava, si presenta come un ampio piazzale con un piccolo gradone di circa 3,5 m in parte eroso: in essa le coltivazioni si sono sviluppate in modo caotico (attualmente rientra tra gli Ambiti di Tutela Ambientale del "Parco delle miniere" ed è soggetta ad un intervento di recupero ambientale, di tipo forestale). Per le altre cave, invece, non è previsto alcun tipo di recupero in quanto di poco impatto quale

ad esempio quella adiacente l'area in esame ed oggi dimora di un laghetto ad uso irriguo a servizio dell'allevamento di bestiame confinante con l'impianto di biogas.

**Insedimenti antropici.** Il pianoro su cui è posto l'impianto da implementare, deriva da un lavoro di carattere antropico, realizzato molti anni fa per ottenere una superficie pianeggiante per condurre l'attività estrattiva della sabbia silicea. Un ampliamento del succitato pianoro, fu effettuato dal proprietario dell'allevamento di bestiame insistente sull'area, al fine di creare uno spazio logistico per l'espletamento della sua attività di mandriano. L'ultimo ampliamento, seppur di piccola entità è stato effettuato per la messa in opera delle strutture dell'impianto di biogas, così come previsto nell'Autorizzazione Unica rilasciata dalla Provincia di Grosseto e nella Concessione Edilizia rilasciata dal Comune di Campagnatico.

## 4. Inquadramento geologico

*Quanto riportato nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 è stato confermato dai rilievi effettuati in sito che hanno permesso di cartografare, all'interno della zona esaminata e su gran parte dei rilievi posti a Sud-Ovest, la formazione del Verrucano cui soprastanno le argille sabbiose gialle.*

Dal punto di vista geologico (Casella *et al.*, 1969; Pranzini, 1995), in località Ontaneta, affiorano terreni appartenenti al complesso di Facies Toscana sovrastati, localmente, da coltri detritiche e sedimenti alluvionali attuali e recenti.

In dettaglio, nell'areale esaminato affiorano le seguenti unità litostratigrafiche, che a partire dall'alto sono:

- (Bn1) "Sabbie gialle" (Recenti);
- (B2a) "Deposito eluvio colluviali" (Recenti);
- (Src) "Verrucano Auct." (Trias medio-superiore).

Le sabbie gialle affiorano nella porzione sud-occidentale dell'area sede dell'impianto, mentre i depositi colluviali nella porzione nord-orientale. Le sabbie sono costituite da livelli sabbioso-limose a medio-alto stato di addensamento, cui s'intercalano livelli di argille debolmente sabbiose consistenti.

Il VERRUCANO (Src), che affiora in maniera estesa nei versanti ad ovest del sito investigato, sotto l'area di sedime dell'impianto si trova ad una profondità stimata di circa 20 metri dal p.c.. Si tratta di una formazione costituita da anageniti minute, quarziti e

filladi viola (membro filladico anagenitico) con intercalazioni di livelli, talora molto spessi, di anageniti grossolane (membro anagenitico). Le litofacies anagenitico-filladiche sono prevalentemente dei depositi detritici fini caratteristici di piana alluvionale meandriforme, mentre quelle anagenitiche sono sedimenti a grana medio-grossa mal classati e a scarsa maturità tessiturale di apporto torrentizio e/o fluviale.

In particolare, nell'area dove realizzare le strutture a completamento dell'impianto di biogas già autorizzato ed in parte realizzato, affiora, sotto un primo livello costituito da materiale di riporto frammisto ad argilla-limosa spesso circa 1,0 m, un'alternanza di livelli argillosi a carattere coesivo e livelli sabbioso-limosi a carattere incoerente ed in dettaglio:

- argille inorganiche/argille sabbiose fino ad una profondità di -6,40 m dal p.c. ,
- argille sabbiose/limose e sabbie sede di falda fino ad una profondità di -9 m dal p.c.
- argille e limi da molto molto consistenti, al punto da aver causato l'arresto della prova penetrometrica DPSH ossia a -10,20 m dal p.c.
- presenza di un depositi eluvio-colluviale di transizione con il substrato roccioso, fino ad una profondità, presupposta, di -18/20 m dal p.c.,
- un substrato roccioso molto alterato in superficie caratterizzato da filladi prevalenti cui s'intercalano livelli di anageniti più compatte.

## 5. Inquadramento idrogeologico

L'idrogeologia del sito è una conseguenza sia dell'assetto geologico del sottosuolo sia delle condizioni climatiche locali. La permeabilità dei terreni affioranti è diversa da formazione a formazione ed all'interno della stessa varia da livello a livello, in base alla granulometria e/o allo strato di fessurazione dello stesso. Dalla successione geologica sopra descritta, rappresentata in Tavola Geologica allegata alla presente, si può vedere che nel comprensorio cartografato esistono due diverse formazioni caratterizzate da differenti proprietà geologiche-litotecniche e di conseguenza, anche idrogeologiche.

*All'interno dell'area circoscritta, interessata dall'impianto a biogas, affiorano due unità idrogeologiche:*

**1° gruppo** – Terreni a permeabilità prevalente per porosità: i vuoti che permettono il passaggio dell'acqua si sono formati contemporaneamente al litotipo che li contiene e

fanno parte della sua struttura e tessitura. Tale tipo di permeabilità dipende dalle dimensioni, forma, disposizione e grado di cementazione dei granuli costituenti i terreni. In questo gruppo sono compresi tutti i terreni quaternari facenti parte dei materiali di copertura soprastanti il substrato, ossia i terreni di natura eluviale-colluviale (d) a permeabilità discreta e le sabbie gialle (S) a permeabilità variabile da media per i livelli sabbiosi a bassa per quelli argillosi. I Depositi colluviali ed i depositi sabbiosi, essendo costituiti da sedimenti eterometrici con percentuali variabili delle diverse componenti granulometriche, presentano una permeabilità primaria non costante ma comunque sempre apprezzabile, che consente un efficace drenaggio delle acque superficiali ed ipodermiche. Le sabbie gialle, sono costituiti da sabbie e sabbie limoso/argillose a *permeabilità medio/alta* ( $K = 10^{-3}$  cm/sec./  $10^{-6}$  cm/sec e  $K = 10^{-6}/10^{-8}$ ), equiparabili al gruppo intermedio SM-SC, correlabili al sottogruppo del sistema U.S.C.S.. All'interno di questi depositi si può ipotizzare la presenza di una debole circolazione d'acqua legata alle variazioni meteoriche, come testimoniato dalle prove penetrometriche realizzate in sito (all'interno del foro è stata rilevata la presenza di acqua a partire da una profondità di di circa -5,8/6,0 m dal p.c.).

**2° gruppo** – Terreni a permeabilità secondaria: i vuoti che permettono il passaggio dell'acqua sono dovuti ad azioni successive alla litogenesi; tali azioni provocano, soprattutto in rocce lapidee, fessurazioni, fratturazioni, meati da variazioni termiche e da erosione meccanica. Questo gruppo comprende l'ammasso roccioso del Verrucano che, essendo costituito nella sua totalità da filladi, presenta una permeabilità secondaria del tutto trascurabile ed insignificante, è pertanto designabile come un acquiclude e cioè come un'unità idrogeologica dove l'acqua, seppur presente sotto forma di ritenzione, non è soggetta alla gravità.

In particolare la ricostruzione del modello geostratigrafico sulla fascia pedecollinare, attraverso i rilievi di superficie e le indagini geognostiche, pone in evidenza la particolare costituzione litologica della formazione "S" caratterizzata nel complesso da sabbie, limitate a tetto da un compartimento di limi sabbiosi di spessore non omogeneo spazialmente variando da massimi di 1 m a poco meno di 0.5 m.. Il passaggio laterale tra la fascia pedecollinare e quella di valle alluvionale, coincidente grossomodo con il limite tra la formazione (S) e le alluvioni recenti (a), individua la transizione da un acquifero semi-libero, a monte, ed un acquifero freatico a valle.

Attraverso uno studio di dettaglio, mediante l'esecuzione di indagini geoelettriche (tipo S.E.V. sondaggi elettrici verticali), è stato possibile individuare il livello acquifero

potenzialmente sfruttabile, ad una profondità variabile tra -75 m dal p.c. a -90 m dal p.c.. Il progetto, individua in tale acquifero, l'acqua da prelevare ed utilizzare a supporto del ciclo produttivo dell'impianto in oggetto da completare.

Nell'area esaminata non sono presenti pozzi captati sia per usi potabili che per altri usi. In questa area il livello piezometrico non è stato rilevato direttamente (vista la mancanza di pozzi), ma per analogia con luoghi geologicamente comparabili, si dovrebbe trovare ad oltre circa -25 m dal p.c., con variazioni stagionali, per la nostra fascia meteo-climatica, che registrano in maggio il livello di morbida ed all'inizio della stagione autunnale (settembre) quello di magra. Nell'interfaccia "sabbie-ghiaiose-superficiali e porzione alterata dell'ammasso roccioso è possibile una circolazione idrica importante".

Poco a Nord, sono presenti due sorgenti captate dall'allevamento limitrofo per uso zootecnico denominate: Sorgente Ontaneta (S1) e Sorgente della Troia (S2) con portata rispettivamente di: 0,2 l/sec e con 0,6 l/sec. L'allevamento di bovini ne capta l'intera portata. Essendo le stesse ubicate a monte dell'impianto di biogas esistente oggetto d'intervento, si può asserire che le acque (trattate e non) in uscita dall'area di sedime dell'impianto, non verranno mai a contatto con il punto di uscita delle acque sorgive.

## **5.1 Considerazioni idrauliche**

L'acqua che precipita all'interno del territorio esaminato si ripartisce in maniera disomogenea all'interno dello stesso areale ma secondo uno schema ben preciso: quello del Bilancio Idrologico le cui incognite (precipitazioni, deflusso e evapotraspirazione) dipendono da diversi fattori che imperversano in quella zona quali: clima (temperatura, vento, evaporazione, traspirazione, eliofania), morfologia (altitudine, pendenza, esposizione) e litologia affiorante (permeabilità). Tutte le acque che precipitano nell'area d'interesse e nel suo bacino idrografico di appartenenza, confluiscono nel Fosso della Nave che, secondo i calcoli che seguono, risulta in grado di smaltire la portata in caso di eventi meteorici intensi, senza creare straripamenti con allagamenti della zona sede dell'impianto di biogas.

Si riporta di seguito una tabella con evidenziate le precipitazioni medie negli ultimi 20 anni per la stazione meteorologica più vicina all'impianto oggetto d'intervento (Batignano TOS10002570) e le evaporazioni calcolate indirettamente con la Formula di Coutugne.



MESI	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE
u.m.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Precitazioni	44,14	48,38	41,73	62,79	64,01	68,53	30,88	47,21	76,75	70,81	80,49	43,99	701,43
Evapotraspirazione													535,577

Il bacino idrografico relativo all'area di interesse, presenta un'estensione di 926 ha ossia 9.260.000 m<sup>2</sup> (vedere Fig. 1 per la delimitazione) e le acque che in esso convogliano sono pari a 6.491.00 m<sup>3</sup>/anno, visto, però che in tale contesto paesaggistico-morfologico-vegetazionale oltre il 75% di quello che precipita evapotraspira ed oltre il 10% d s'infiltra, si avrà che l'acqua che effettivamente defluisce nel corso d'acqua è circa 973.650 m<sup>3</sup>/anno.

Visto che i giorni che piove in un anno sono mediamente 70, si avrà:

$$973.650 \text{ m}^3/\text{anno}: 70 \text{ gg} = 13.909 \text{ m}^3/\text{giorno}$$

$$13.909 \text{ m}^3/\text{giorno}/24 \text{ h} /3.600 \text{ sec} = 0,16 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Se si considera il girone di evento meteorico eccezionale *6 agosto 1989 in cui sono precipitati 150 mm*, si avrà:

$$223.620 \text{ m}^3/\text{giorno di acqua che precipita e } 33.543 \text{ m}^3 \text{ acqua che ruscella,}$$

da cui:

$$33.543 \text{ m}^3/\text{giorno}/24 \text{ h} /3.600 \text{ sec} = 0,39 \text{ m}^3/\text{sec}$$

La sezione del fosso della Nave, nell'area adiacente all'impianto è pari a 4,4 m<sup>2</sup> (molto simile a quella in cui tale asta idrografica confluisce nel Fosso Fogna) e quindi in grado di smaltire le acque che ruscellano a seguito delle precipitazioni medie e di picco annue; si riporta il calcolo della portata del Fosso della Nave nella sezione adiacente l'impianto.

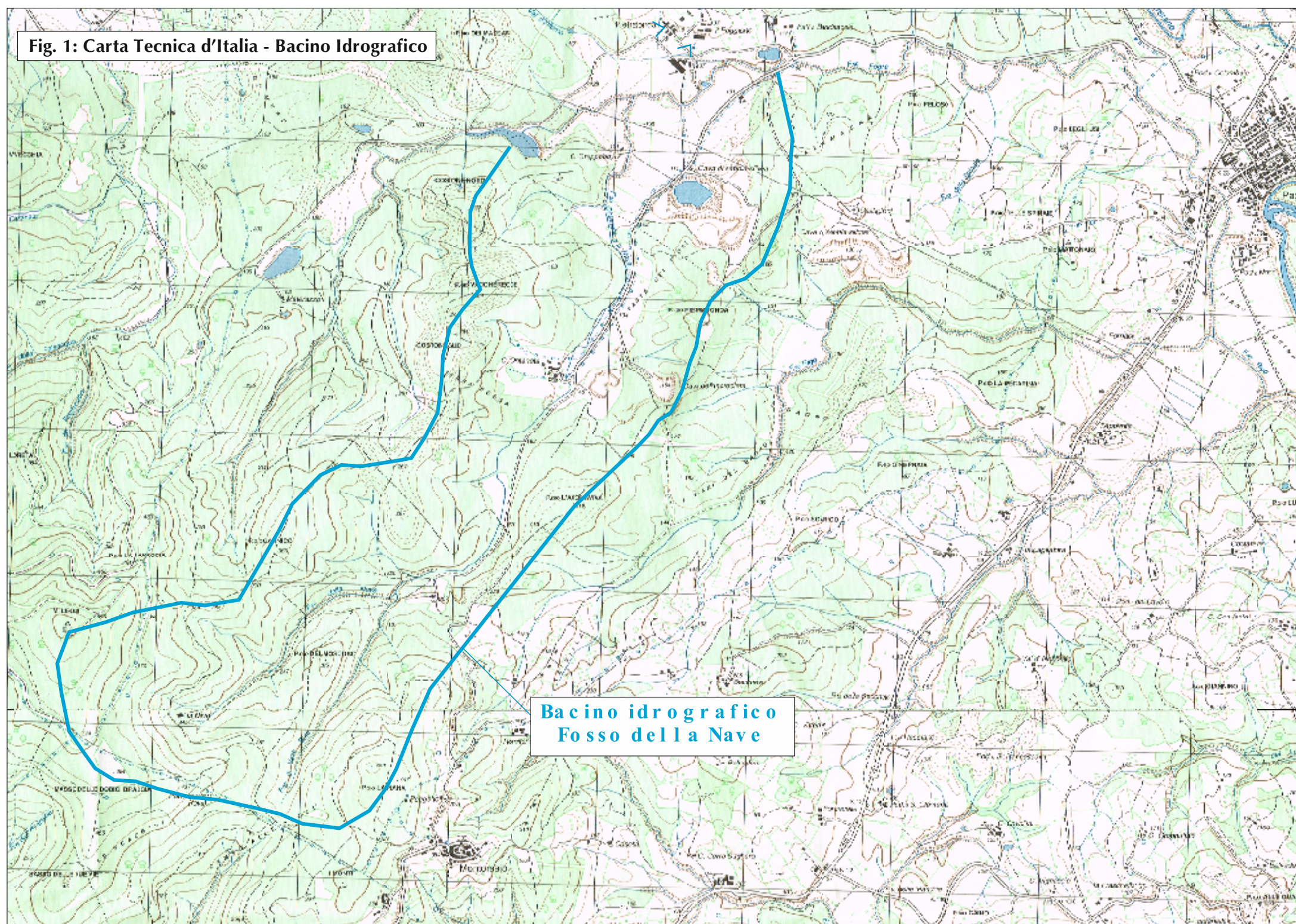
Caratteristiche corso d'acqua osso della Nave:

- b (larghezza) = 2 m
- h (spessore del corso d'acqua) = 2,2 m
- p (pendenza) = 5% (0.05 m/m)

$$\text{Portata} = 72,10 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Il pianoro in cui ha sede l'impianto è posto al di fuori delle aree a pericolosità idraulica: non si hanno notizie storiche di alluvionamenti e la stessa si trova ad una quota altimetrica di + 2 m dal ciglio di sponda esterno del Fosso della Nave.







## 6. Acquisizione dei dati sul sottosuolo

Per dare un'adeguata descrizione e classificazione dei terreni e dell'ammasso roccioso in cui è ubicato l'impianto di biogas da completare, si è proceduto alla valutazione di prove pregresse quali: penetrometrie e profili sismici. Tutte queste osservazioni sono molto importanti in quanto utili alla ricostruzione di un modello geologico-tecnico relativo all'area d'intervento, comprensivo della parametrizzazione delle caratteristiche meccaniche sia dei terreni superficiali che di quelli sottostanti e del substrato roccioso.

### 6.1 – Prova penetrometrica dinamica

In dettaglio, la PROVA PENETROMETRICA DINAMICA consiste nell'infliggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di altre aste. L'infissione avviene per battitura facendo cadere da un'altezza fissa, un maglio di dato peso. La resistenza del terreno, è inversamente proporzionale alla profondità di penetrazione per ciascun colpo e direttamente proporzionale al numero di colpi (N) necessari affinché si verifichi detta penetrazione. L'attrezzatura è dotata di un dispositivo per lo sgancio automatico del maglio e di un centratore, che agisce da guida per il mantenimento della verticalità della colonna di aste. La prova si svolge infiggendo il sistema aste-punta per 20 cm e registrando contemporaneamente il numero di colpi necessari per realizzare tale avanzamento ( $N_{20}$ ).

Poiché la prova penetrometrica standard rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M=peso massa battente; M'= peso aste; H= altezza di caduta; A= area base punta conica;  $\delta$  = passo avanzamento.

### 6.1.1 Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo ( $\delta$ / N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

## 6.1.2 Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

*Media: Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

*Media minima: Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

*Massimo: Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

*Minimo: Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

*Scarto quadratico medio: Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

*Media deviata: Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

*Media + s: Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

*Media - s: Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.*

### Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

#### - Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N<sub>spt</sub> il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N<sub>spt</sub> dello strato considerato risulta inferiore a N<sub>spt</sub> critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

#### -Correzione N<sub>spt</sub> in presenza di falda

N<sub>spt</sub> corretto = 15 + 0.5 □ (N<sub>spt</sub> - 15) - N<sub>spt</sub> è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

#### -Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) σ>5 t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .

- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38° ).

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $\sigma$  %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova  $> 8$  mt. sopra falda e  $> 15$  mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof.  $> 8$  mt. sopra falda e  $> 15$  mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo  $< 5\%$  a profondità  $< 5$  mt. e con % di limo  $> 5\%$  a profondità  $< 3$  mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.
- Densità relativa (%)*
- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Modulo Di Young ( $E_y$ )*
- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.
- Modulo Edometrico*
- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.
- Stato di consistenza*
- Classificazione A.G.I. 1977
- Peso di Volume Gamma*
- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.
- Peso di volume saturo*
- Terzaghi-Peck 1948-1967
- Modulo di poisson*
- Classificazione A.G.I.
- Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)*
- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\Delta$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.
- Velocità onde di taglio Vs (m/sec)*

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

*-Modulo di deformazione di taglio (G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto

per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

*-Modulo di reazione (Ko)*

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

*-Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)*

- Robertson 1983 Qc

### 6.1.3 Risultati ottenuti dalle indagini in sito

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del primo livello di terreno investigato sono state determinate tramite l'elaborazione dei risultati ottenuti dalla prova penetrometrica dinamica realizzata direttamente in loco. Il programma Dynamic Probing permette l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

### 6.1.4 Interpretazione del grafico

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

### Caratteristiche Strumentali dello strumento utilizzato

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 10,20 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Media - scarto



Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	13	0,790	92,30	116,87	4,61	5,84
1,20	10	0,836	75,18	89,90	3,76	4,49
1,40	17	0,783	119,64	152,83	5,98	7,64
1,60	20	0,780	140,16	179,80	7,01	8,99
1,80	15	0,776	104,69	134,85	5,23	6,74
2,00	11	0,823	75,73	92,00	3,79	4,60
2,20	12	0,820	82,31	100,36	4,12	5,02
2,40	11	0,817	75,17	92,00	3,76	4,60
2,60	8	0,814	54,48	66,91	2,72	3,35
2,80	7	0,811	47,50	58,54	2,38	2,93
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	6	0,806	37,81	46,91	1,89	2,35
3,40	10	0,803	62,81	78,18	3,14	3,91
3,60	13	0,751	76,32	101,64	3,82	5,08
3,80	11	0,798	68,67	86,00	3,43	4,30
4,00	12	0,796	70,12	88,08	3,51	4,40
4,20	12	0,794	69,91	88,08	3,50	4,40
4,40	13	0,741	70,75	95,42	3,54	4,77
4,60	12	0,789	69,52	88,08	3,48	4,40
4,80	10	0,787	57,78	73,40	2,89	3,67
5,00	12	0,785	65,16	83,01	3,26	4,15
5,20	14	0,733	70,98	96,84	3,55	4,84
5,40	12	0,781	64,83	83,01	3,24	4,15
5,60	14	0,729	70,61	96,84	3,53	4,84
5,80	16	0,727	80,49	110,67	4,02	5,53
6,00	16	0,725	75,92	104,64	3,80	5,23
6,20	16	0,724	75,73	104,64	3,79	5,23
6,40	24	0,672	105,48	156,96	5,27	7,85
6,60	15	0,720	70,67	98,10	3,53	4,91
6,80	13	0,719	61,11	85,02	3,06	4,25
7,00	16	0,717	71,17	99,24	3,56	4,96
7,20	12	0,766	56,98	74,43	2,85	3,72
7,40	11	0,764	52,13	68,22	2,61	3,41
7,60	11	0,763	52,03	68,22	2,60	3,41
7,80	12	0,761	56,66	74,43	2,83	3,72
8,00	11	0,760	49,30	64,87	2,46	3,24
8,20	10	0,759	44,74	58,97	2,24	2,95
8,40	10	0,757	44,66	58,97	2,23	2,95
8,60	10	0,756	44,58	58,97	2,23	2,95
8,80	9	0,755	40,06	53,08	2,00	2,65
9,00	9	0,753	38,12	50,59	1,91	2,53
9,20	9	0,752	38,06	50,59	1,90	2,53
9,40	10	0,751	42,22	56,21	2,11	2,81
9,60	11	0,750	46,37	61,83	2,32	3,09
9,80	11	0,749	46,30	61,83	2,32	3,09
10,00	14	0,698	52,45	75,18	2,62	3,76
10,20	14	0,697	52,37	75,18	2,62	3,76

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Strato	16,09	2,20	Terzaghi-Peck	1,09
[3] - Strato	9,22	3,00	Terzaghi-Peck	0,62
[5] - Strato	20,11	7,00	Terzaghi-Peck	1,36
[6] - Strato	16,41	8,00	Terzaghi-Peck	1,11
[7] - Strato	13,66	9,40	Terzaghi-Peck	0,92
[8] - Strato	16,54	10,20	Terzaghi-Peck	1,12

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Strato	16,09	2,20	Robertson (1983)	32,18
[3] - Strato	9,22	3,00	Robertson (1983)	18,44
[5] - Strato	20,11	7,00	Robertson (1983)	40,22
[6] - Strato	16,41	8,00	Robertson (1983)	32,82
[7] - Strato	13,66	9,40	Robertson (1983)	27,32
[8] - Strato	16,54	10,20	Robertson (1983)	33,08

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Strato	16,09	2,20	Stroud e Butler (1975)	73,82
[3] - Strato	9,22	3,00	Stroud e Butler (1975)	42,30
[5] - Strato	20,11	7,00	Stroud e Butler (1975)	92,27
[6] - Strato	16,41	8,00	Stroud e Butler (1975)	75,29
[7] - Strato	13,66	9,40	Stroud e Butler (1975)	62,67
[8] - Strato	16,54	10,20	Stroud e Butler (1975)	75,89

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Strato	16,09	2,20	Apollonia	160,90
[3] - Strato	9,22	3,00	Apollonia	92,20
[5] - Strato	20,11	7,00	Apollonia	201,10
[6] - Strato	16,41	8,00	Apollonia	164,10
[7] - Strato	13,66	9,40	Apollonia	136,60
[8] - Strato	16,54	10,20	Apollonia	165,40

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Strato	16,09	2,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Strato	9,22	3,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] - Strato	20,11	7,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[6] - Strato	16,41	8,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[7] - Strato	13,66	9,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[8] - Strato	16,54	10,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Strato	16,09	2,20	Meyerhof ed altri	2,08
[3] - Strato	9,22	3,00	Meyerhof ed altri	1,94
[5] - Strato	20,11	7,00	Meyerhof ed altri	2,10
[6] - Strato	16,41	8,00	Meyerhof ed altri	2,08
[7] - Strato	13,66	9,40	Meyerhof ed altri	2,05
[8] - Strato	16,54	10,20	Meyerhof ed altri	2,08

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Strato	16,09	2,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	119,63
[3] - Strato	9,22	3,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,81
[5] - Strato	20,11	7,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	164,02
[6] - Strato	16,41	8,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	163,77
[7] - Strato	13,66	9,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	163,26
[8] - Strato	16,54	10,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	172,68

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Gibbs & Holtz 1957	0
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Gibbs & Holtz 1957	34,59

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Sowers (1961)	28,26
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Sowers (1961)	32,04

##### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Bowles (1982) Sabbia Media	147,10

##### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	29,35

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	57,08
--------------	-------	------	-------	-----------------------------------	-------

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Meyerhof ed altri	1,35
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Meyerhof ed altri	1,86

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,86
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	(A.G.I.)	0,35
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	(A.G.I.)	0,33

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Ohsaki (Sabbie pulite)	60,10
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Ohsaki (Sabbie pulite)	798,62

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Ohta & Goto (1978) Limi	56,5
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Ohta & Goto (1978) Limi	143,84

#### Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Navfac 1971-1982	---
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Navfac 1971-1982	3,01

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	0,92	0,80	0,92	Robertson 1983	1,84
[4] - Strato	14,42	5,60	14,42	Robertson 1983	28,84

## 6.2 Indagini geofisiche in sito

Il profilo sismico permette di individuare la velocità delle onde S e, seppur indirettamente e con il supporto del rilievo di campagna, la stratigrafia del sottosuolo, necessarie alla caratterizzazione sismica. Queste indagini hanno consentito di investigare i terreni presenti fino a circa -30,0 m dal p.c. e procedere alla caratterizzazione geotecnica e stratigrafica locale dei terreni costituenti il sottosuolo dei siti. I risultati delle indagini sono riportati in allegato alla presente relazione.

### 6.2.1 – Prospezioni sismiche a rifrazione

Com'è noto, le onde elastiche generate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde SH o "di taglio"), per determinare spessori e andamento dei livelli presenti. La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione nel terreno attraverso una determinata sorgente d'energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto d'energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*), seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente. Per la caratterizzazione geologica di dettaglio del substrato dell'area oggetto di studio, in particolare per valutare lo spessore della copertura e della porzione più alterata ed allentata del substrato, è stata utilizzata l'indagine geosismica in onde P, eseguita dalla Georisorse Italia di Sinalunga (SI), nei mesi di Ottobre e Novembre 2005 a supporto della progettazione del centro zootecnico della Annonese S.r.l.. Tale indagine sismica ha interessato con i profili PR-P 1, PR-P 2, PR-P 3 e PR-P 9 l'area di intervento nella zona in cui verranno realizzati i digestori anaerobici che costituiscono le strutture di maggiore interazione con l'assetto stratigrafico locale in quanto richiedono, per la loro realizzazione, i maggiori sbancamenti. L'intera indagine è consistita nell'esecuzione di dieci stese sismiche di 120.00 m (PR-1, PR-2, PR-3, PR-4, PR-6, PR-7, PR-8, PR-9, PR-10, PR-11), ed una di 240.00 m (PR-5), tutte con cadenza dei geofoni ogni 5.00 m, per un

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

totale di 1440.00 m di rilevamento. Le operazioni di acquisizione dati si sono svolte nel mese di Ottobre 2005, mediante l'utilizzo di un sismografo digitale OYO McSeis SX, 24 geofoni verticali Mark-Products a 10 Hz, 24 geofoni orizzontali OYO GEOSPACE a 10 Hz, n. 2 cavi sismici multipolari con takeout a cadenza di 5.00 m. Per la generazione delle onde P è stata utilizzata una mazza da 5 kg battente su una piastra in materiale sintetico. Il sistema si è dimostrato ottimale a fornire l'energia necessaria alle indagini.

L'ubicazione dei punti di posizionamento dei geofoni lungo i profili è stata determinata planimetricamente mediante la misura delle distanze da punti noti ed altimetricamente mediante livellazione ottica.

### **6.2.2 Risultanze delle elaborazioni**

In base alla modellizzazione sismica del sottosuolo ottenuta sia dall'elaborazione GRM che tomografica è stato possibile sintetizzare una sismostratigrafia caratterizzata da una successione di tre principali sismostrati:

o **PRIMO SISMOSTRATO ( $V_p$  minore di 700-800 m/sec)** – Questo sismostrato è riconducibile a terreni detritici superficiali di copertura e nella zona di fondovalle, probabilmente anche ai terreni alluvionali asciutti. Lo spessore di questo strato appare generalmente limitato a pochi metri, mentre nella zona intermedia tra la parte pianeggiante e la parte a pendenza maggiore si ha un discreto incremento dello spessore che talora supera 6.00-7.00 m; questo, probabilmente, per la presenza di una coltre di detrito di alterazione che, dalla parte più acclive, è scesa verso valle dando luogo ad un locale accumulo. Tale situazione è particolarmente evidente nei profili trasversali alle curve di livello.

o **SISMOSTRATO INTERMEDIO ( $V_p$  tra 700-800 e 1300-1500 m/s)** – Sismostrato riconducibile sia alla coltre detritica e di alterazione moderatamente compatta che alla parte di substrato molto alterato in situ. La distinzione tra la prima e la seconda ipotesi risulta difficoltosa in quanto è probabile che il passaggio sia netto. Un punto di passaggio più marcato può essere individuato dai risultati delle elaborazioni con il metodo GRM. In questo caso, tuttavia, il limite di velocità che caratterizza il passaggio da questo strato al substrato compatto è maggiore (oltre 2.000 m/sec) e la sua profondità è generalmente più elevata.

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

o **SUBSTRATO SISMICO (Vp superiore a 1300-1500 m/s)** – Substrato sismico compatto riconducibile alle formazioni *Anagenitiche* in posto da moderatamente alterate a compatte in correlazione con il progressivo aumento della velocità. Questa situazione è evidenziata da un progressivo aumento della Vp fino ad oltre 3.000 m/sec a profondità generalmente comprese tra 25.00 e 35.00 m dal p.c. ad indicare che a tali profondità è sicuramente presente la formazione litoide.

L'indagine, pertanto, ha permesso di mettere in evidenza che l'evoluzione stratigrafica dei terreni presenti nel sottosuolo è caratterizzata da uno strato superficiale con bassa velocità di propagazione delle onde P, corrispondente al terreno detritico superficiale, scarsamente compatto. Le risultanze dell'indagine non permettono comunque la caratterizzazione geotecnica del substrato in cui verranno impostate le fondazioni delle strutture; infatti l'orizzonte superficiale, pur presentando un basso valore di Vp, dovrebbe essere caratterizzato da discreti valori di angolo di attrito tale, da solo, a garantire adeguate pressioni ammissibili per le fondazioni e la stabilità degli sbancamenti in progetto se adeguatamente calcolati.

La valutazione della velocità delle onde di taglio riferita ai primi trenta metri di spessore della successione viene calcolata con la seguente espressione:

$$Vs30 = 30 / [S_{hi} / V_{si}]$$

dove:

*hi* = spessore dello strato (m)

*Vsi* = velocità delle onde di taglio dello strato *i*-esimo, nei primi trenta metri

Le indagini in situ eseguite sia di carattere geofisico che geognostico permettono di caratterizzare il substrato dell'area come un terreno di tipo "C".

## 7. Stima parametri caratteristici del terreno

Con l'introduzione del concetto di *stato limite* è stato sviluppato parallelamente anche quello di *valore caratteristico*. L'Eurocodice 7, riguardante la progettazione geotecnica, introduce per la prima volta i valori caratteristici dei parametri geotecnici e attualmente le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008) adottano tale concetto.

Con la Circolare esplicativa del 02.02.2009 ne chiariscono la loro determinazione *"nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi a quelli medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità...Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato."*

Il *valore caratteristico*, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica: le opere dovranno essere verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni, e per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese. *"Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata"*.

Si parla di *Stato limite ultimo* quando lo stato limite è associato al valore estremo della capacità portante della struttura, il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Si parla invece di *Stato limite di esercizio*



Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

quando è legato al raggiungimento di un particolare stato dell'opera che pur non generando il collasso compromette aspetti funzionali importanti che limitano le prestazioni in condizione d'esercizio.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.

Ai valori caratteristici trovati si applicano dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato.

Il software CVSoil consente di calcolare i parametri geotecnici caratteristici secondo un approccio probabilistico, considerando quindi le quantità statistiche ricavate su un opportuno campione di prove. Di seguito si riporta il calcolo realizzato con tale software.

#### **Sondaggio n.5**

Nome	Nr.5
Latitudine	42,918420 °
Longitudine	11,209570 °
Tipo di prova	Dinamica continua
Prodondità della prova	10,20 [m]
Falda	Presente
Categoria del suolo	C

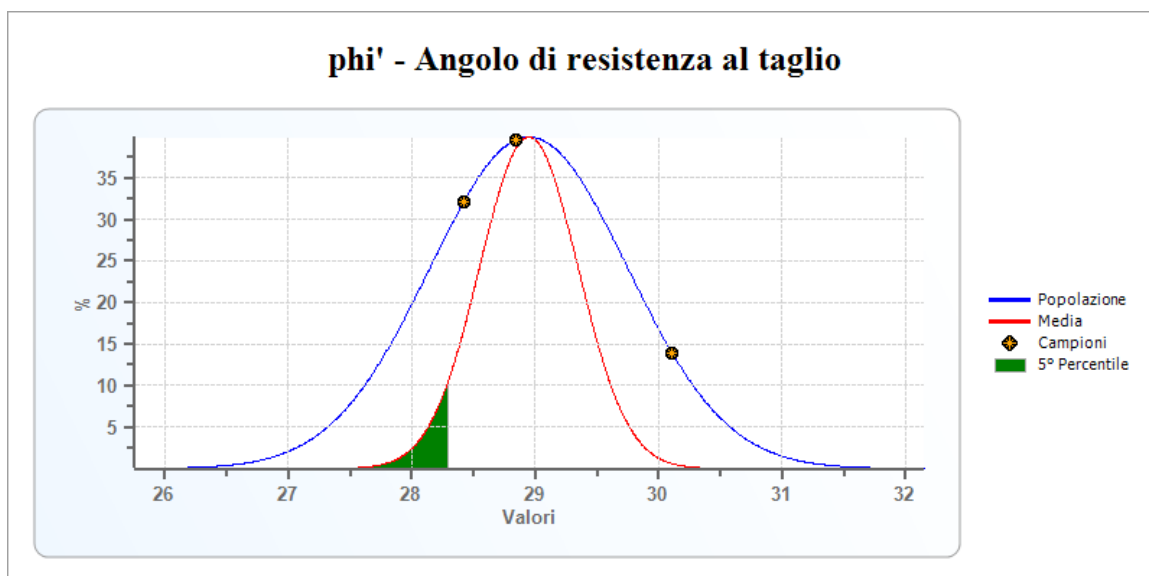
#### ***Strato n.1***

Descrizione	<b>Strato</b>
Spessore [m]	<b>0,80</b>

<b>Elenco delle misure</b>						
	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1	28,420	2995,931	1,500	13,533	18,338	0,350
2	28,420	2995,931	1,500	13,533	18,338	0,350
3	28,840	3299,938	3,010	14,220	18,338	0,350
4	30,110	4208,034	7,520	16,083	18,633	0,340

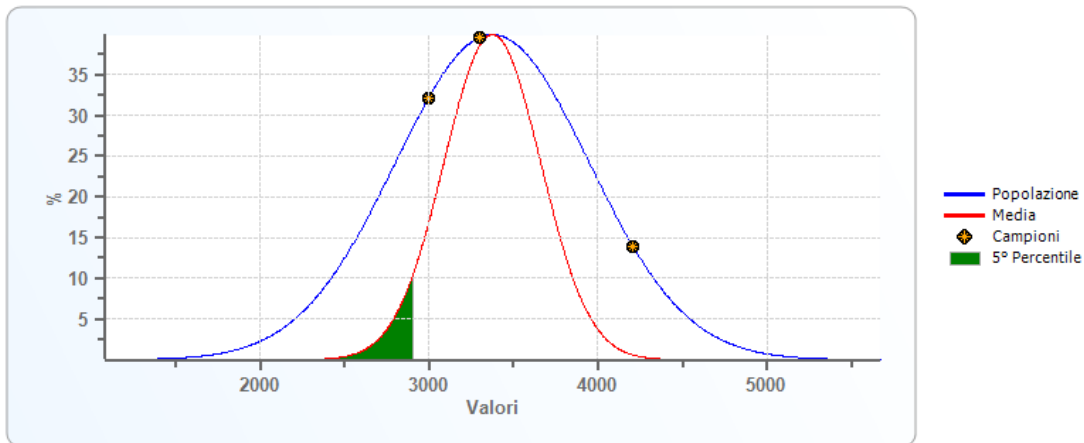
Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Risultati elaborazione						
	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
<b>Valore caratteristico</b>	<b>28,290</b>	<b>2903,193</b>	<b>1,039</b>	<b>13,351</b>	<b>18,291</b>	<b>0,343</b>
Minimo	28,420	2995,931	1,500	13,533	18,338	0,340
Massimo	30,110	4208,034	7,520	16,083	18,633	0,350
Valore medio	28,948	3374,958	3,382	14,342	18,412	0,347
Varianza	0,640	328988,999	8,115	1,451	0,022	0,000
Deviazione standard	0,400	286,788	1,424	0,602	0,074	0,002
Deviazione standard della media	0,400	286,788	1,424	0,602	0,074	0,002
Percentile	(5°) 27,632	(5°) 2431,427	(5°) --	(5°) 12,360	(5°) 18,170	(5°) 0,339
Percentile media	(5°) 28,290	(5°) 2903,193	(5°) 1,039	(5°) 13,351	(5°) 18,291	(5°) 0,343
C.O.V.	0,028	0,170	0,842	0,084	0,008	0,014

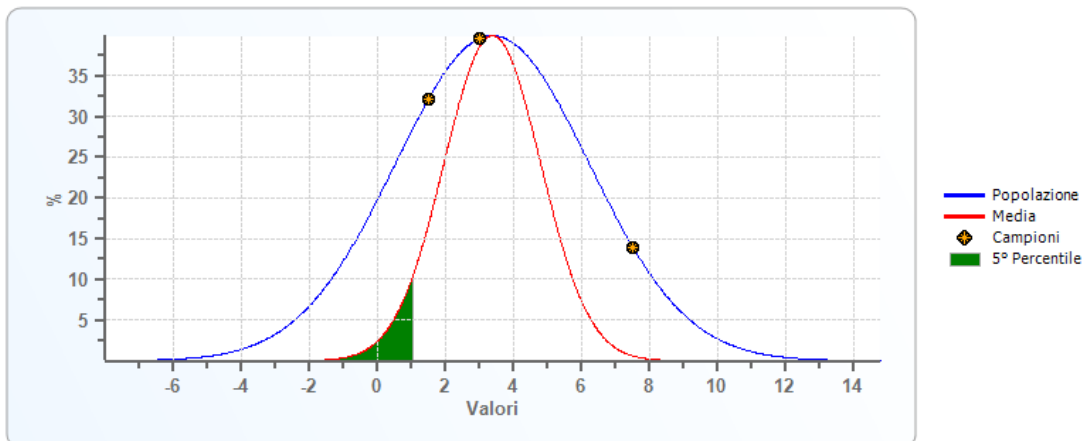


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

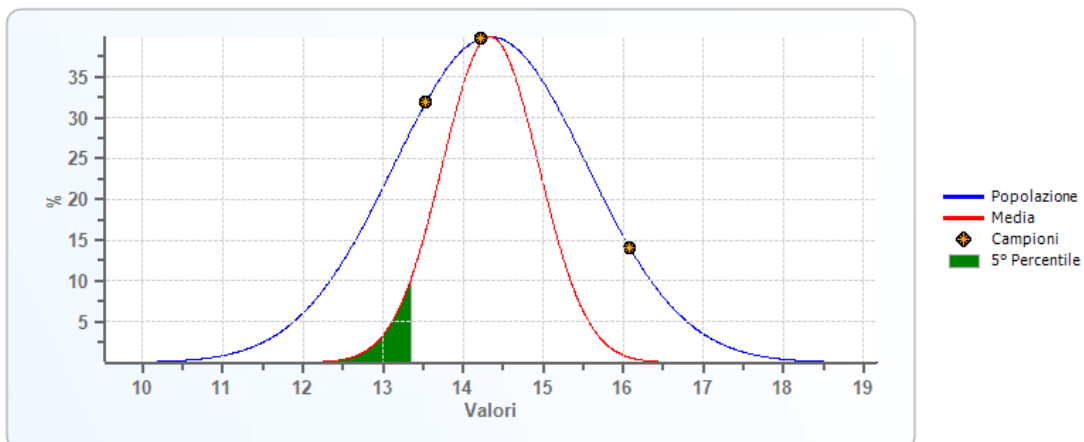
### Eed - Modulo di compressibilità edometrica



### N(30) - N spt

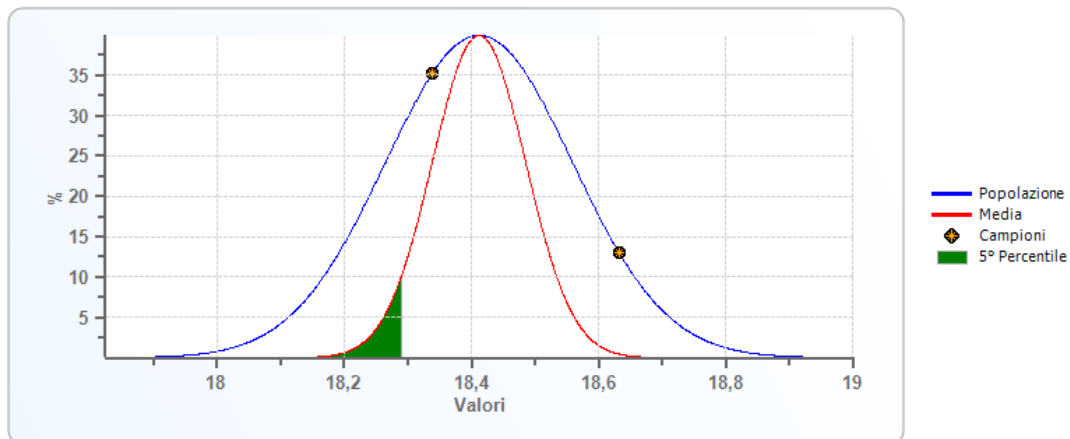


### Dry unit weight - Peso di volume naturale

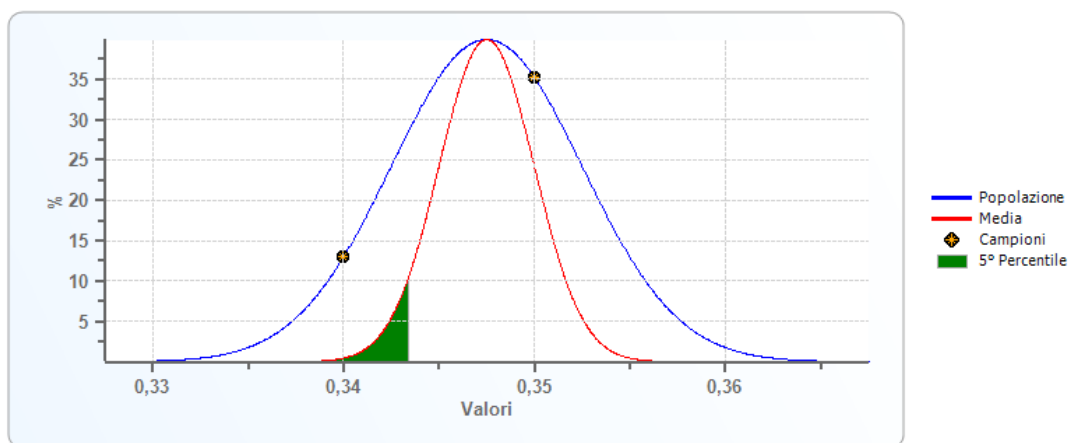


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

### Saturated unit weight - Peso di volume saturo



### Poisson's ratio - Modulo di Poisson



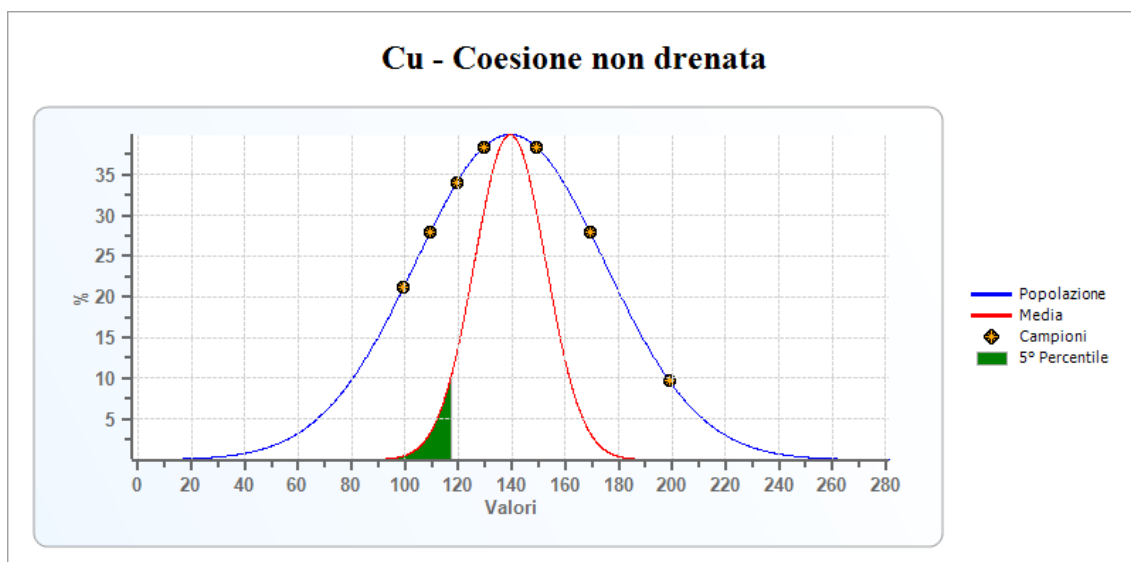
### Strato n.2

Descrizione | **Strato**  
Spessore [m] | **1,40**

Elenco delle misure							
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1	129,448	8796,074	19172,000	19,550	20,594	21,967	
2	99,538	6766,980	14749,200	15,040	20,300	23,242	
3	169,263	11504,670	25075,600	25,570	20,790	21,182	
4	199,075	13533,860	29498,400	30,080	21,182		
5	149,355	10150,370	22123,800	22,560	20,692		
6	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398		
7	119,445	8121,182	17701,000	18,050	20,496		

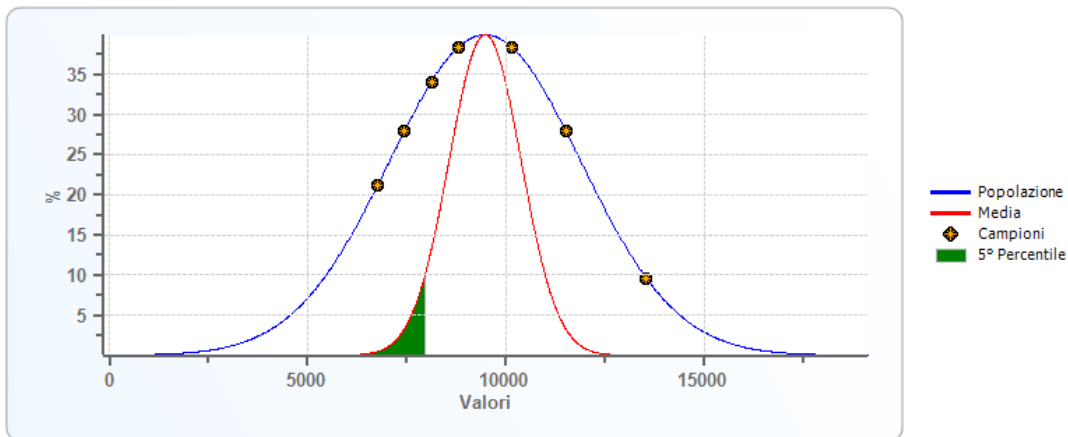
Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Risultati elaborazione						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
<b>Valore caratteristico</b>	<b>117,332</b>	<b>7975,966</b>	<b>17384,396</b>	<b>17,727</b>	<b>20,454</b>	<b>21,143</b>
Minimo	99,537	6766,980	14749,200	15,040	20,300	21,182
Massimo	199,075	13533,860	29498,400	30,080	21,182	23,242
Valore medio	139,367	9473,573	20648,600	21,056	20,636	22,130
Varianza	1255,955	5801791,771	27562641,008	28,660	0,086	1,080
Deviazione standard	13,395	910,400	1984,319	2,023	0,111	0,600
Deviazione standard della media	13,395	910,400	1984,319	2,023	0,111	0,600
Percentile	(5°) 81,069	(5°) 5511,277	(5°) 12012,328	(5°) 12,249	(5°) 20,153	(5°) 20,421
Percentile media	(5°) 117,332	(5°) 7975,966	(5°) 17384,396	(5°) 17,727	(5°) 20,454	(5°) 21,143
C.O.V.	0,254	0,254	0,254	0,254	0,014	0,047

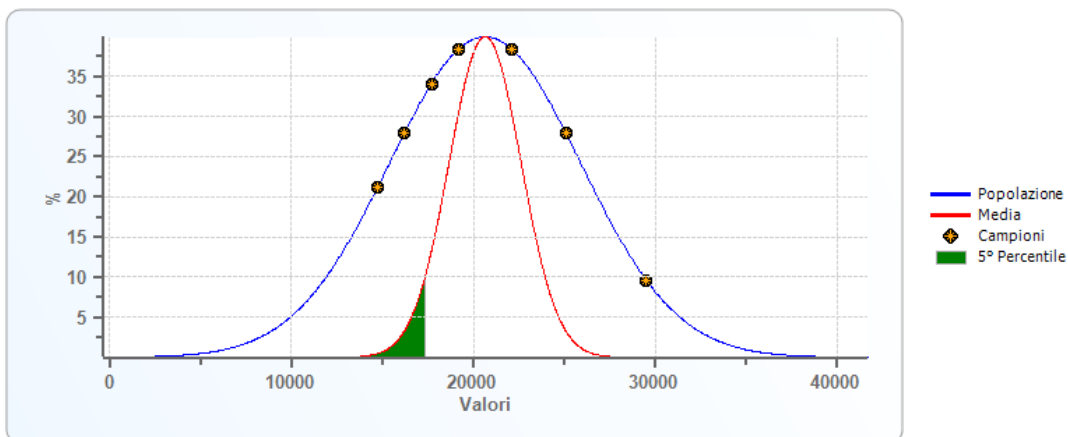


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

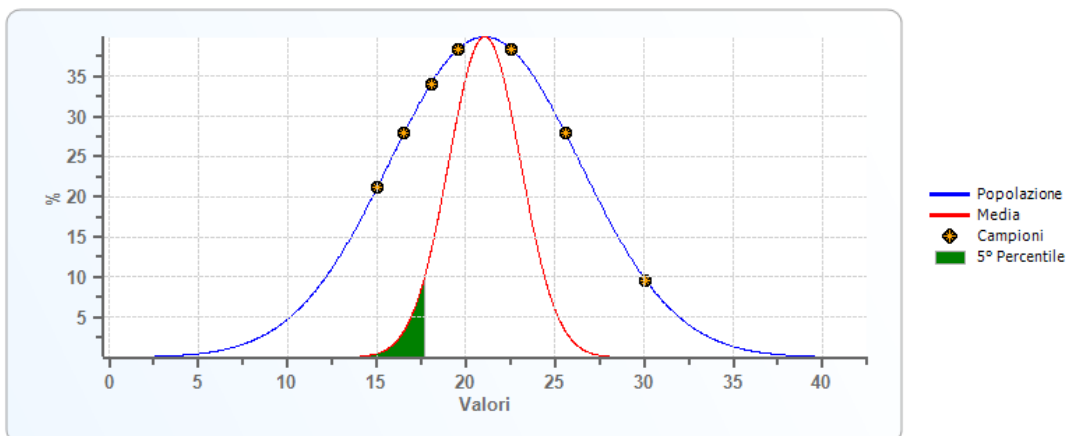
### Eed - Modulo di compressibilità edometrica



### Ey - Modulo di Young

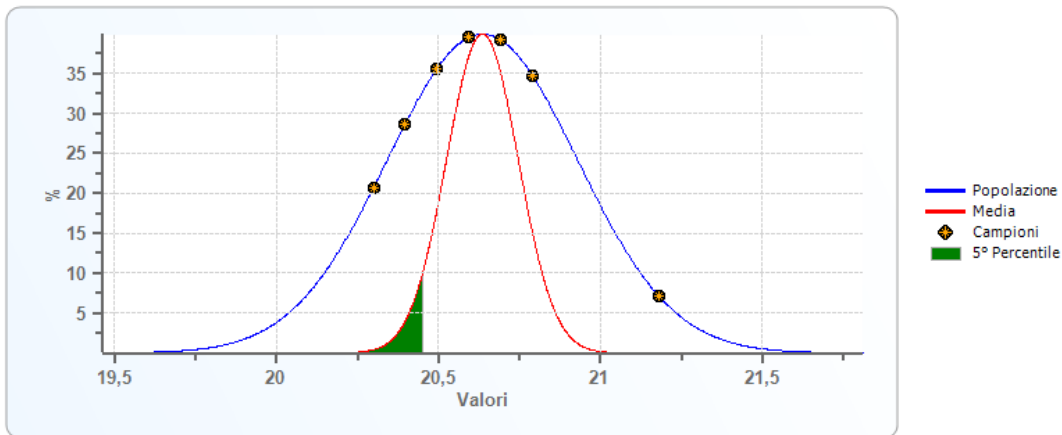


### N(30) - N spt

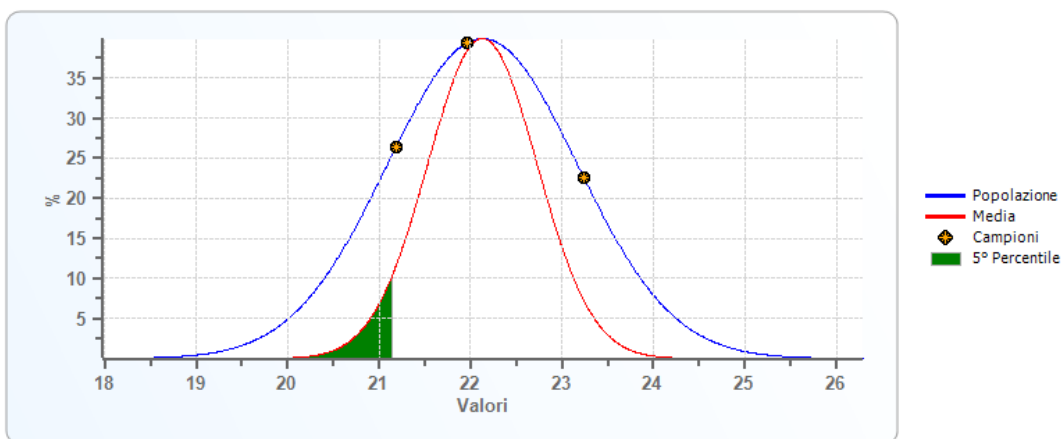


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

### Dry unit weight - Peso di volume naturale



### Saturated unit weight - Peso di volume saturo



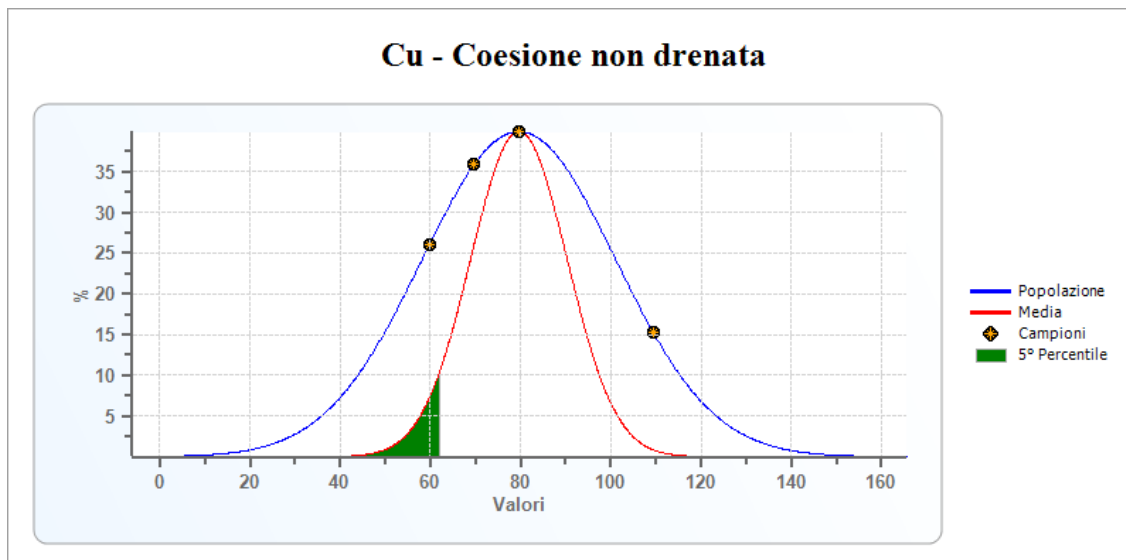
### Strato n.3

Descrizione | **Strato**  
Spessore [m] | **0,80**

Elenco delle misure						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilit�� edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
1	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	20,155
2	79,630	5412,683	11797,400	12,030	19,809	19,998
3	69,725	4737,789	10326,400	10,530	19,417	21,236
4	59,723	4058,384	8845,599	9,020	19,025	20,055

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

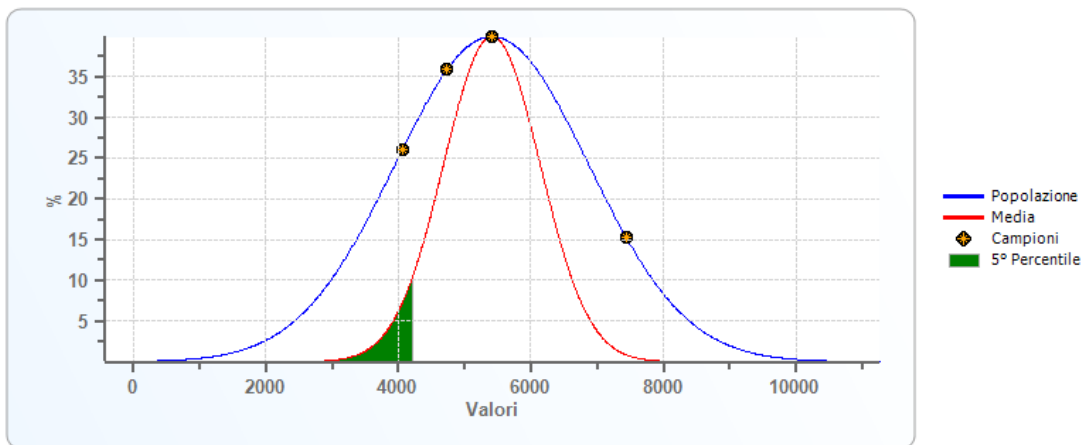
Risultati elaborazione						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	61,969	4210,666	9177,503	9,358	19,181	19,878
Minimo	59,722	4058,384	8845,599	9,020	19,025	19,998
Massimo	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	21,236
Valore medio	79,630	5412,683	11797,400	12,030	19,662	20,361
Varianza	461,060	2135742,564	10146044,243	10,550	0,343	0,344
Deviazione standard	10,736	730,709	1592,643	1,624	0,293	0,293
Deviazione standard della media	10,736	730,709	1592,643	1,624	0,293	0,293
Percentile	(5°) 44,308	(5°) 3008,650	(5°) 6557,605	(5°) 6,687	(5°) 18,699	(5°) 19,395
Percentile media	(5°) 61,969	(5°) 4210,666	(5°) 9177,503	(5°) 9,358	(5°) 19,181	(5°) 19,878
C.O.V.	0,270	0,270	0,270	0,270	0,030	0,029



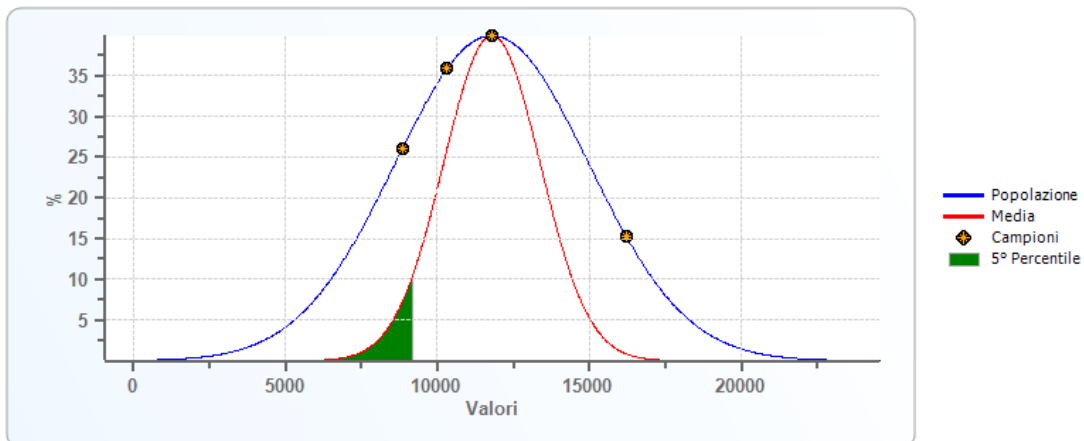


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

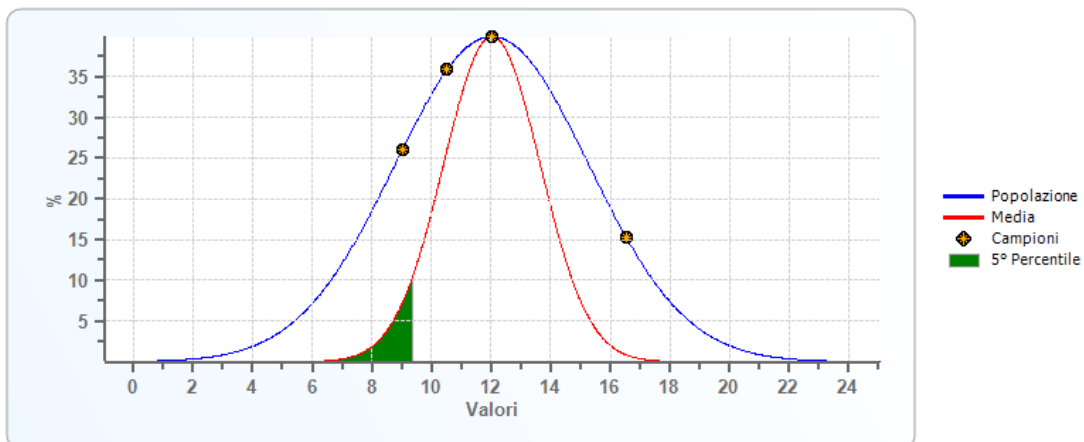
### Eed - Modulo di compressibilità edometrica



### Ey - Modulo di Young

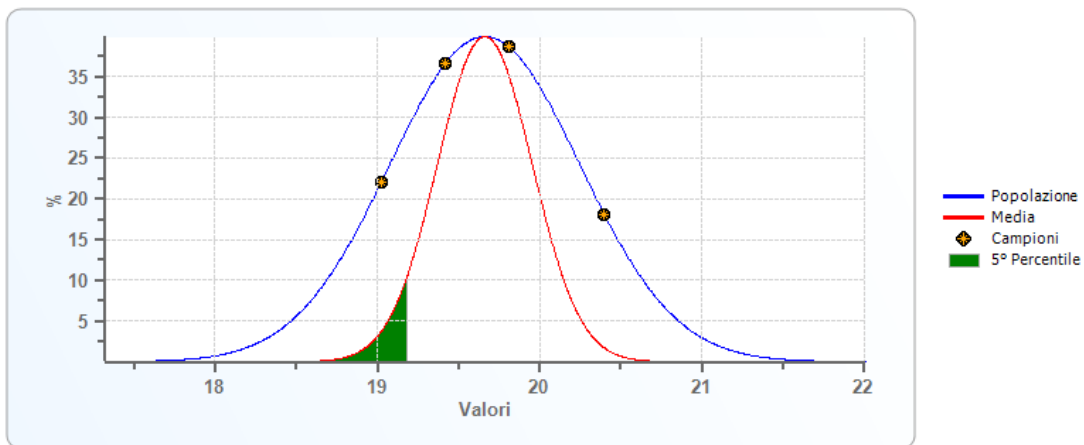


### N(30) - N spt

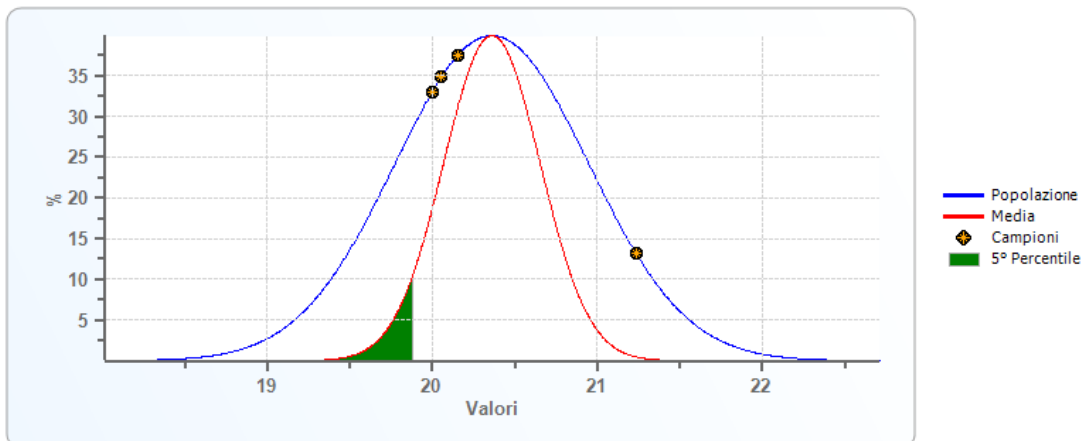


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

### Dry unit weight - Peso di volume naturale



### Saturated unit weight - Peso di volume saturo



### Strato n.4

Descrizione | **Strato**  
Spessore [m] | **2,60**

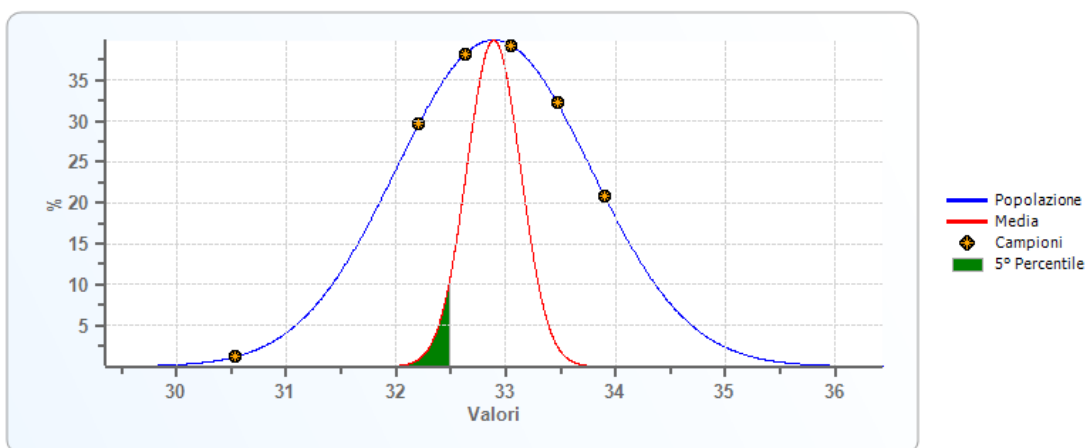
Elenco delle misure							
	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1	30,530	4510,079	14729,590	9,020	16,671	18,731	0,340
2	32,210	5723,161	16940,990	15,040	18,437	19,123	0,320
3	33,470	6631,257	15465,090	19,550	19,417	23,340	0,320
4	32,630	6025,206	16205,490	16,540	18,829	19,221	0,320
5	33,050	6329,212	16205,490	18,050	19,123	19,319	0,320
6	33,050	6329,212	16940,990	18,050	19,123	19,319	0,320

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

7	33,470	6631,257	16205,490	19,550	19,417	23,340	0,320
8	33,050	6329,212	14729,590	18,050	19,123	19,319	0,320
9	32,210	5723,161	16205,490	15,040	18,437	19,123	0,320
10	33,050	6329,212	17681,390	18,050	19,123	19,319	0,320
11	33,900	6935,263	16205,490	21,060	19,711	23,634	0,310
12	33,050	6329,212	17681,390	18,050	19,123	19,319	0,320
13	33,900	6935,263		21,060	19,711	23,634	0,310

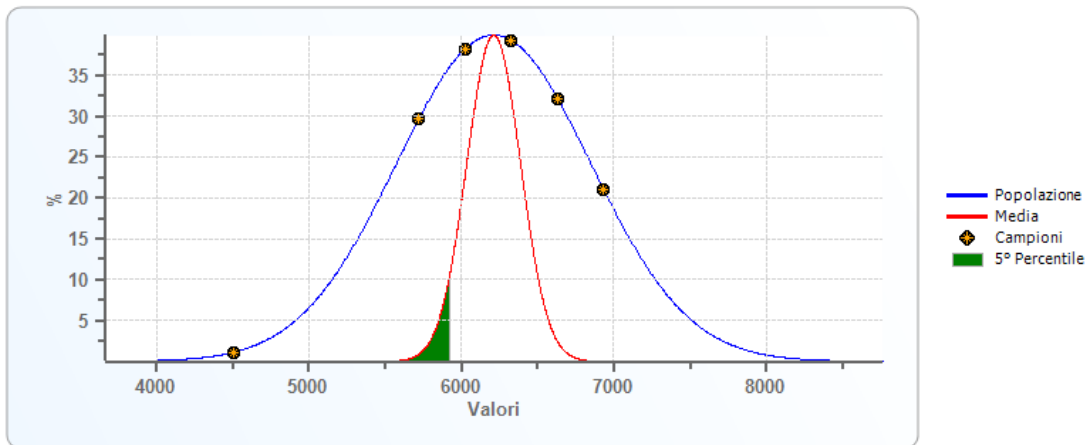
Risultati elaborazione							
	Angolo resistenza al taglio [°]	Modulo compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
Tipo elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	32,486	5921,540	15806,888	16,026	18,582	19,575	0,317
Minimo	30,530	4510,079	14729,590	9,020	16,671	18,731	0,310
Massimo	33,900	6935,263	17681,391	21,060	19,711	23,634	0,340
Valore medio	32,890	6212,362	16266,374	17,470	18,942	20,519	0,320
Varianza	0,784	406318,076	936250,889	10,016	0,623	4,275	0,000
Deviazione standard	0,246	176,792	279,322	0,878	0,219	0,573	0,002
Deviazione standard della media	0,246	176,792	279,322	0,878	0,219	0,573	0,002
Percentile	(5°) 31,434	(5°) 5163,788	(5°) 14674,671	(5°) 12,264	(5°) 17,643	(5°) 17,117	(5°) 0,308
Percentile media	(5°) 32,486	(5°) 5921,540	(5°) 15806,888	(5°) 16,026	(5°) 18,582	(5°) 19,575	(5°) 0,317
C.O.V.	0,027	0,103	0,059	0,181	0,042	0,101	0,022

### phi' - Angolo di resistenza al taglio

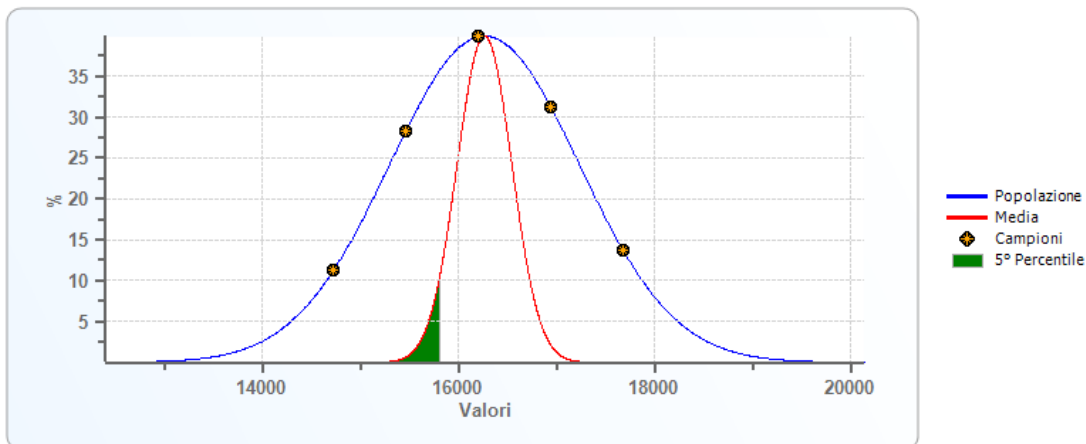


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

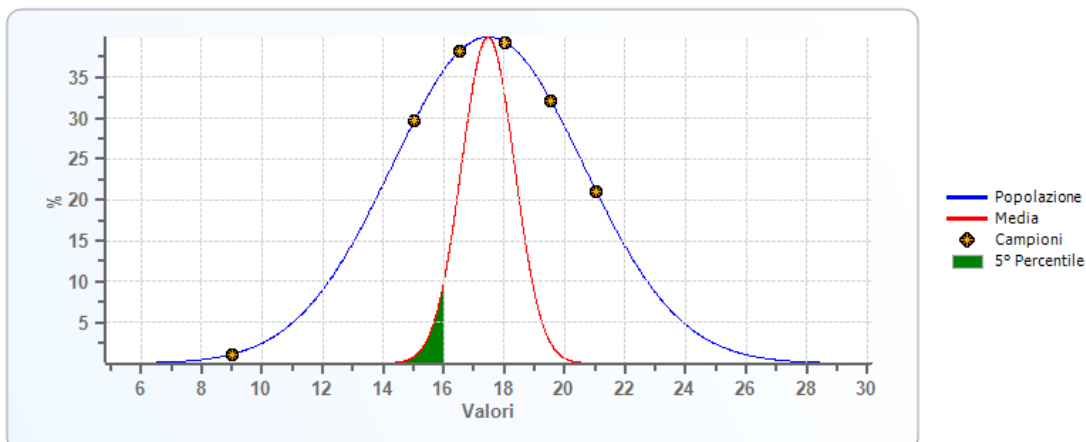
### Eed - Modulo di compressibilità edometrica



### Ey - Modulo di Young

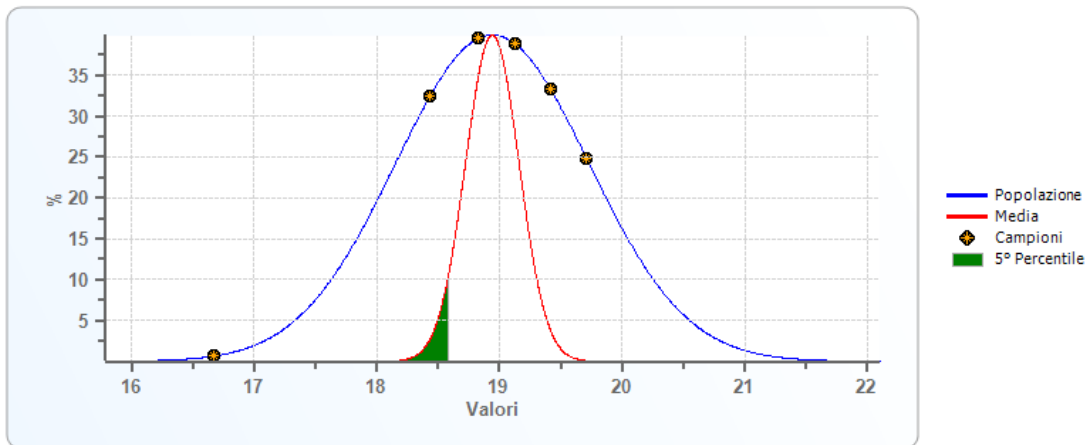


### N(30) - N spt

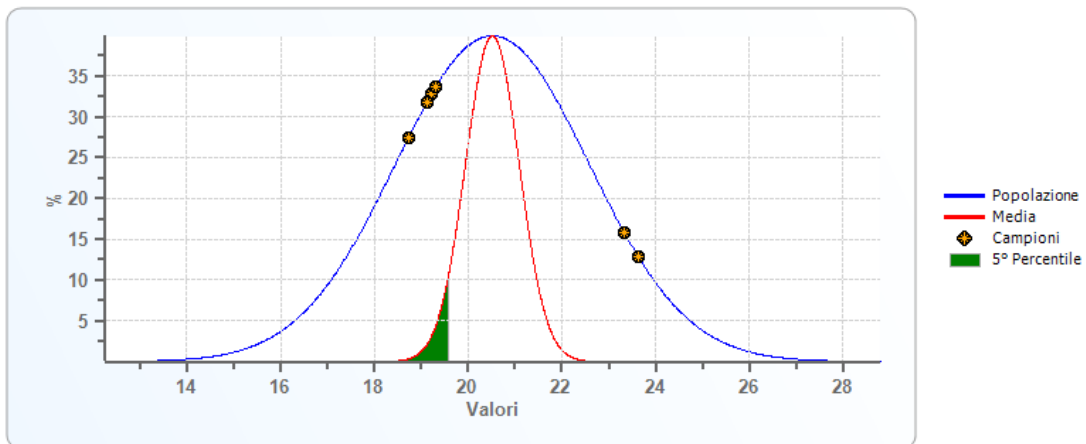


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

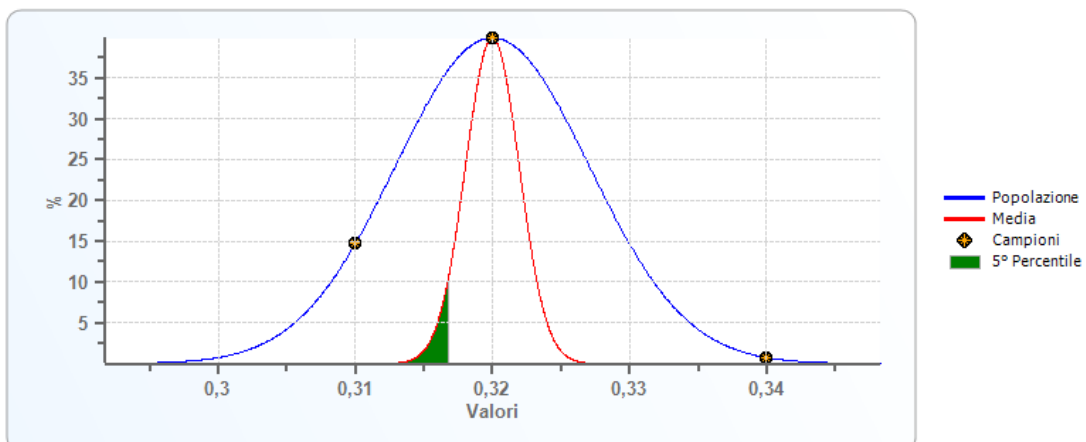
### Dry unit weight - Peso di volume naturale



### Saturated unit weight - Peso di volume saturo



### Poisson's ratio - Modulo di Poisson



Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

#### **Strato n.5**

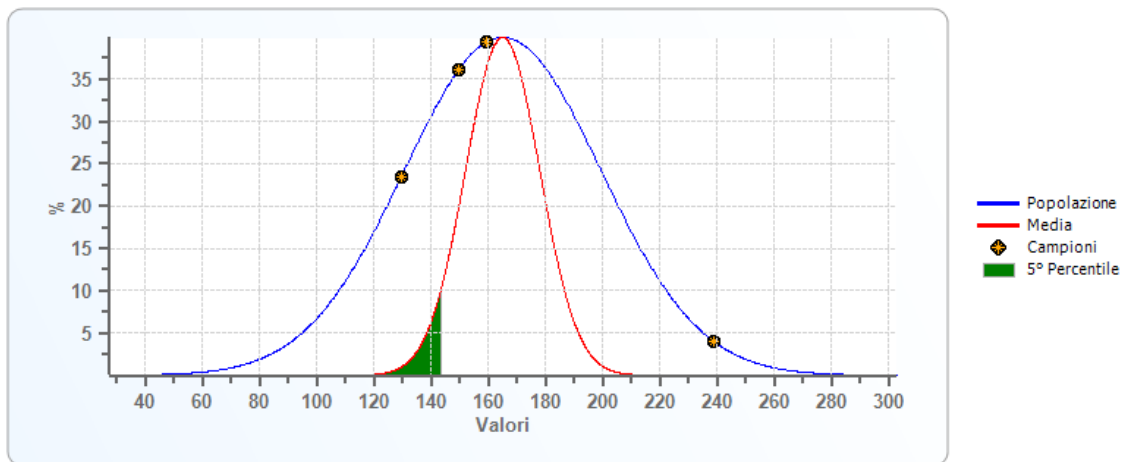
Descrizione | **Strato**  
Spessore [m] | **1,40**

<b>Elenco delle misure</b>						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità à edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
1	159,260	10825,270	23594,800	24,060	20,692	21,575
2	159,260	10825,270	23594,800	24,060	20,692	21,575
3	159,260	10825,270	23594,800	24,060	20,692	21,575
4	238,988	16242,460	35402,010	36,100	22,849	24,517
5	149,355	10150,370	22123,800	22,560	20,692	21,182
6	129,448	8796,074	19172,000	19,550	20,594	21,575
7	159,260	10825,270	23594,800	24,060	20,692	

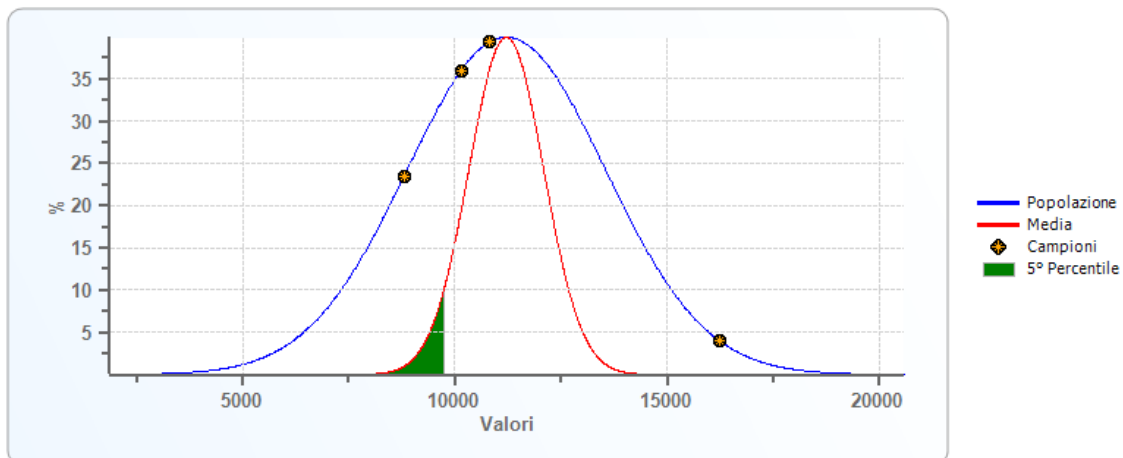
<b>Risultati elaborazione</b>						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità à edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
<b>Valore caratteristico</b>	<b>143,566</b>	<b>9757,648</b>	<b>21267,831</b>	<b>21,687</b>	<b>20,475</b>	<b>21,165</b>
Minimo	129,448	8796,074	19172,000	19,550	20,594	21,182
Massimo	238,988	16242,460	35402,012	36,100	22,849	24,517
Valore medio	164,976	11212,855	24439,574	24,921	20,986	22,000
Varianza	1185,790	5477919,919	26023291,558	27,060	0,676	1,545
Deviazione standard	13,015	884,624	1928,111	1,966	0,311	0,507
Deviazione standard della media	13,015	884,624	1928,111	1,966	0,311	0,507
Percentile	(5°) 108,330	(5°) 7362,739	(5°) 16047,930	(5°) 16,364	(5°) 19,633	(5°) 19,955
Percentile media	(5°) 143,566	(5°) 9757,648	(5°) 21267,831	(5°) 21,687	(5°) 20,475	(5°) 21,165
C.O.V.	0,209	0,209	0,209	0,209	0,039	0,057

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

### Cu - Coesione non drenata

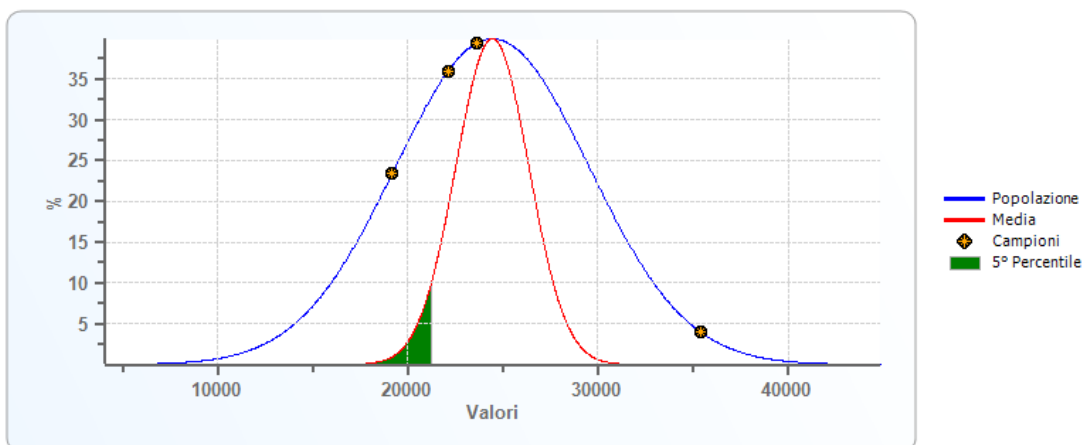


### Eed - Modulo di compressibilità edometrica

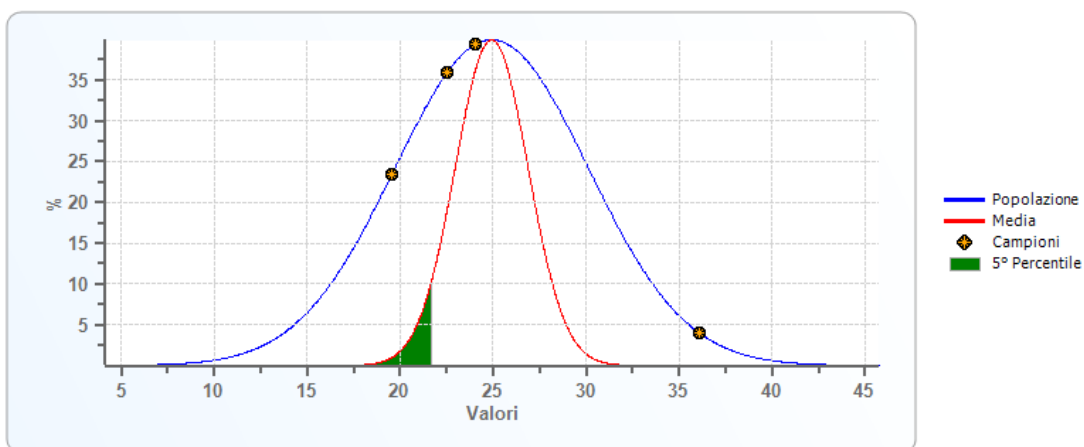


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

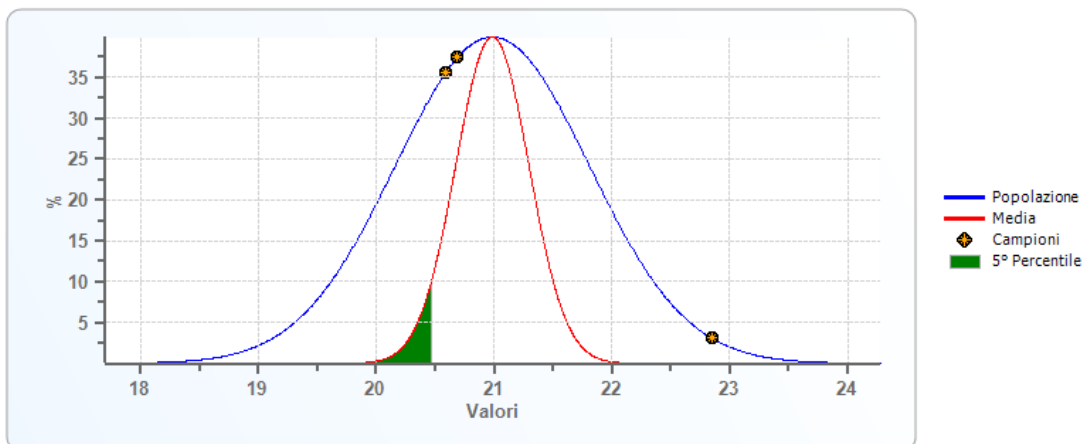
### Ey - Modulo di Young



### N(30) - N spt



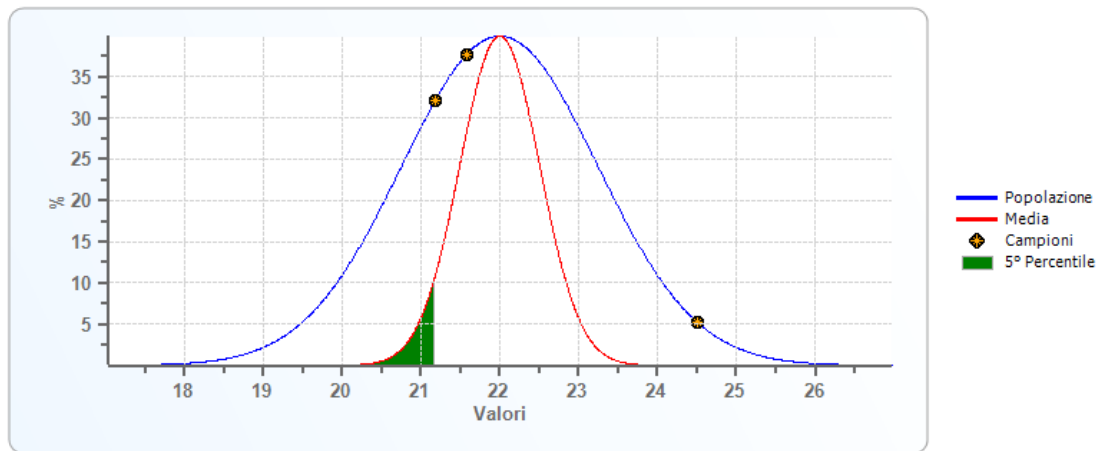
### Dry unit weight - Peso di volume naturale





Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

### Saturated unit weight - Peso di volume saturo



### Strato n.6

Descrizione | Strato  
Spessore [m] | 1,00

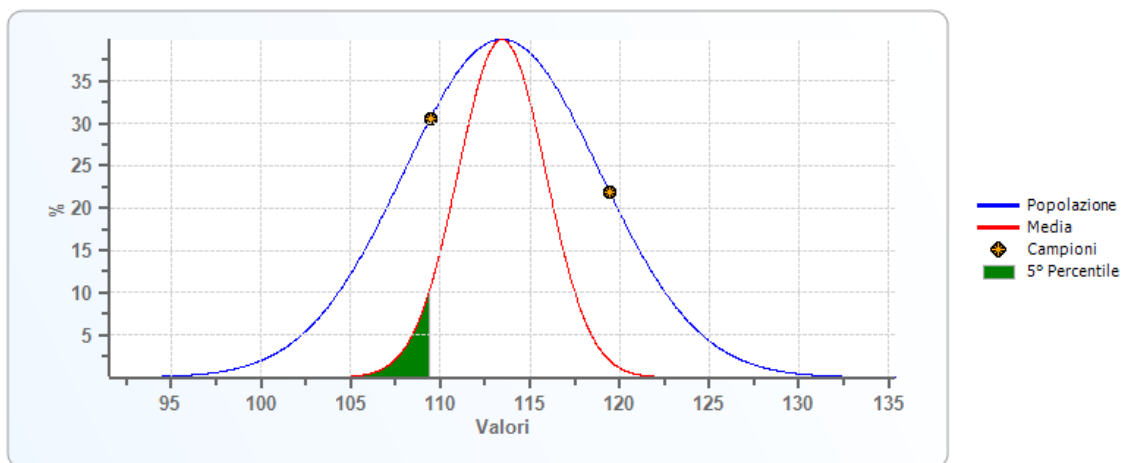
Elenco delle misure						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
1	119,445	8121,182	17701,000	18,050	20,496	21,102
2	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	20,856
3	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	21,366
4	119,445	8121,182	17701,000	18,050	20,496	21,001
5	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	20,899

Risultati elaborazione						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
<b>Valore caratteristico</b>	<b>109,413</b>	<b>7439,877</b>	<b>16215,845</b>	<b>16,536</b>	<b>20,398</b>	<b>20,895</b>
Minimo	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	20,856
Massimo	119,445	8121,182	17701,000	18,050	20,496	21,366
Valore medio	113,443	7713,598	16812,520	17,144	20,437	21,045
Varianza	30,017	138437,453	657830,418	0,684	0,003	0,041

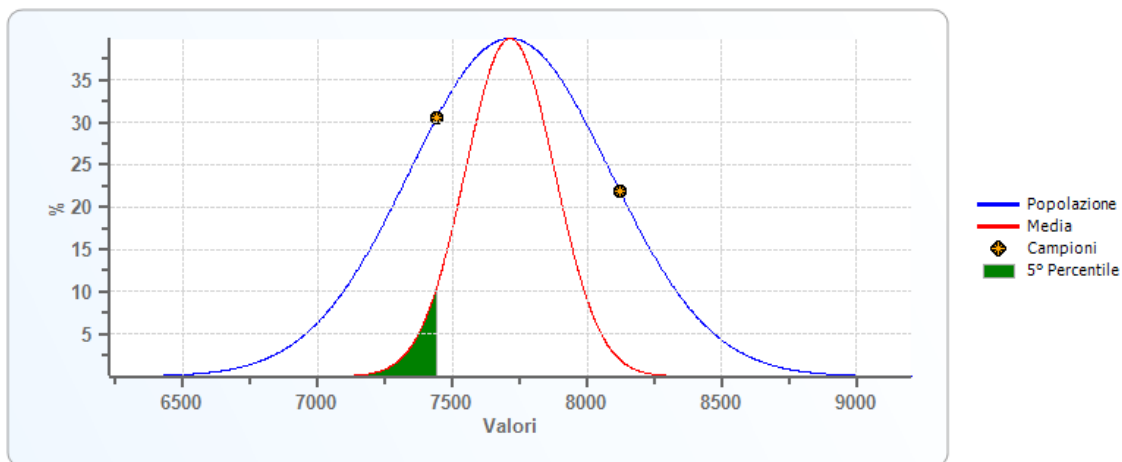
Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Deviazione standard	2,450	166,396	362,720	0,370	0,024	0,091
Deviazione standard della media	2,450	166,396	362,720	0,370	0,024	0,091
Percentile	(5°) 104,431	(5°) 7101,540	(5°) 15478,314	(5°) 15,783	(5°) 20,349	(5°) 20,710
Percentile media	(5°) 109,413	(5°) 7439,877	(5°) 16215,845	(5°) 16,536	(5°) 20,398	(5°) 20,895
C.O.V.	0,048	0,048	0,048	0,048	0,003	0,010

### Cu - Coesione non drenata

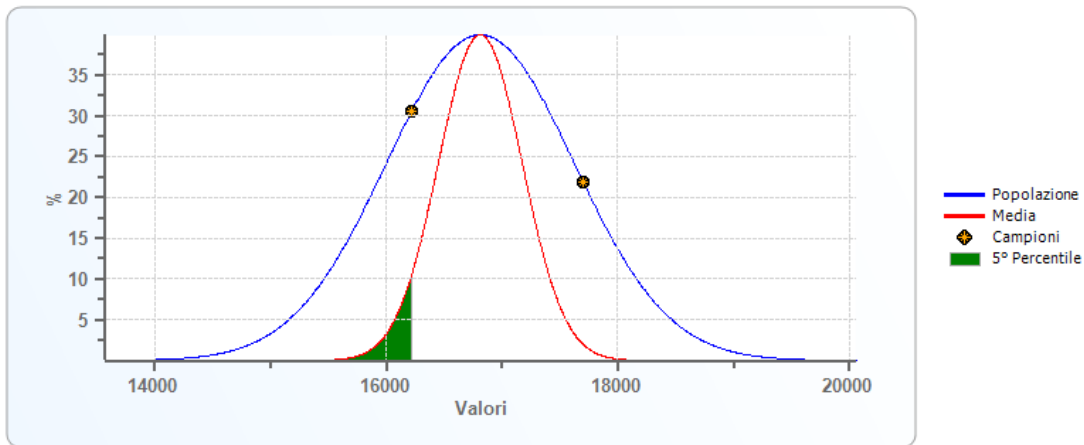


### Eed - Modulo di compressibilità edometrica

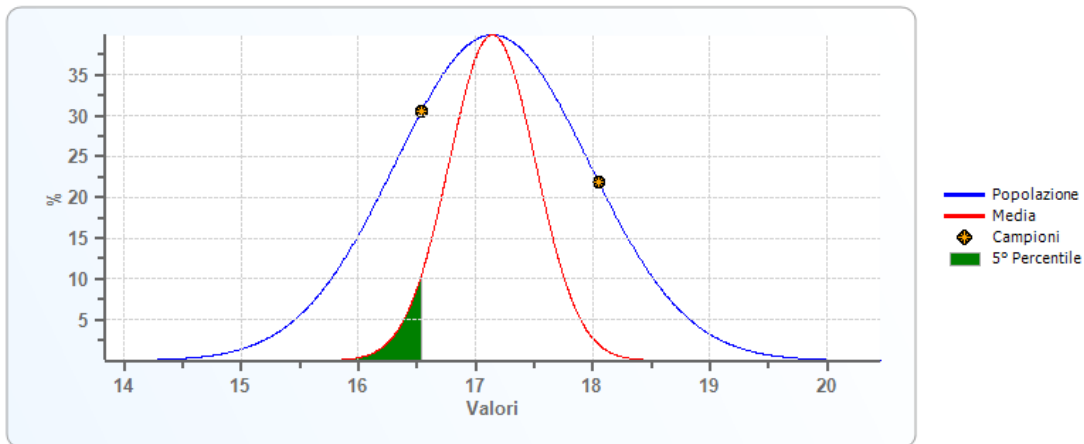


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

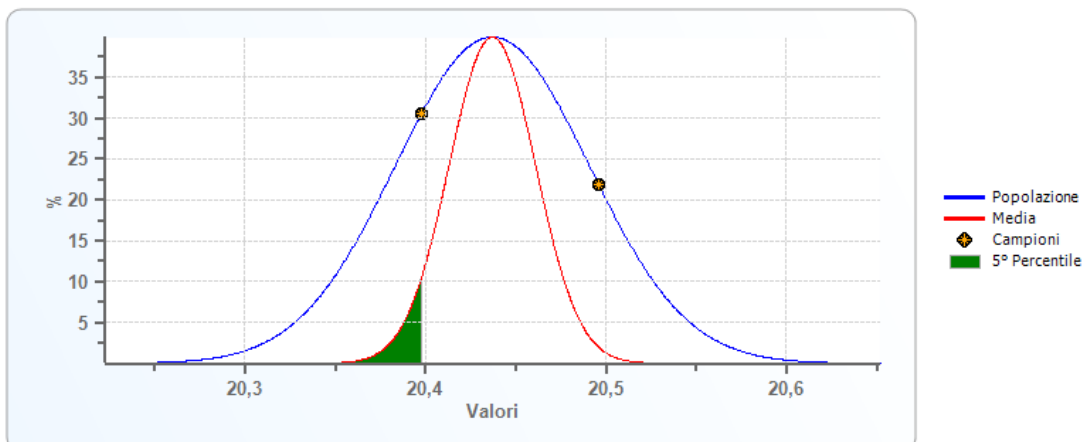
### Ey - Modulo di Young



### N(30) - N spt

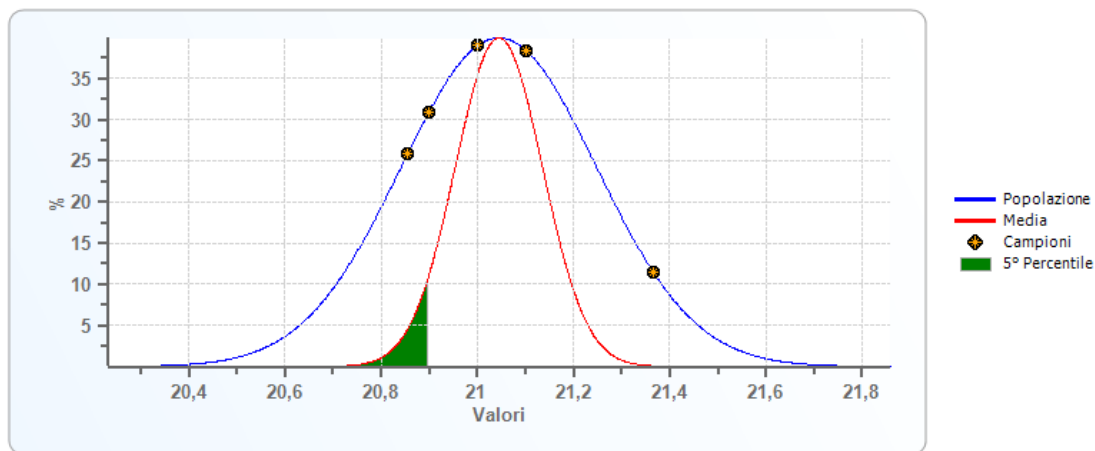


### Dry unit weight - Peso di volume naturale



Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

### Saturated unit weight - Peso di volume saturo



### Strato n.7

Descrizione | **Strato**  
Spessore [m] | **1,20**

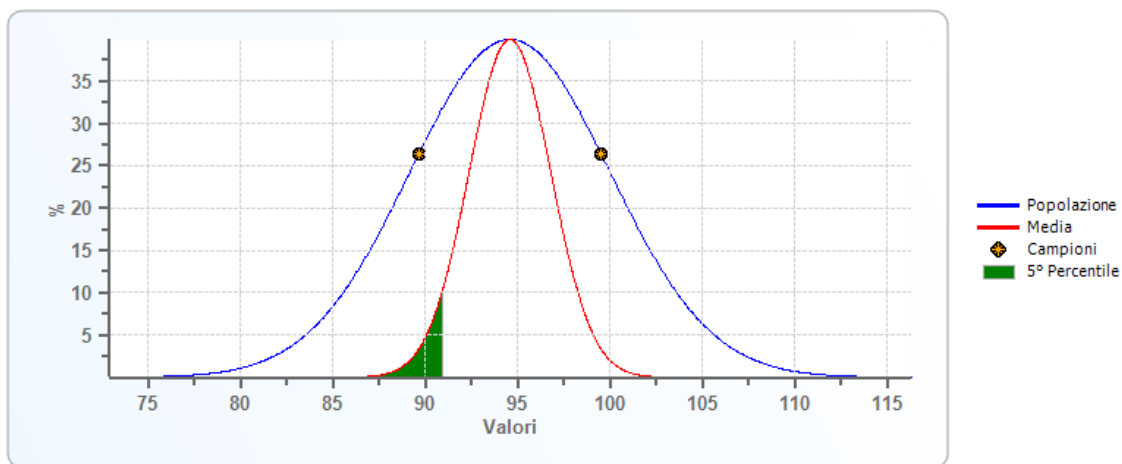
Elenco delle misure						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
1	99,538	6766,980	14749,200	15,040	20,300	21,000
2	99,538	6766,980	14749,200	15,040	20,300	21,633
3	99,538	6766,980	14749,200	15,040	20,300	20,523
4	89,633	6092,087	13278,200	13,540	20,104	20,711
5	89,633	6092,087	13278,200	13,540	20,104	20,922
6	89,633	6092,087	13278,200	13,540	20,104	20,741

Risultati elaborazione						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
<b>Valore caratteristico</b>	<b>90,942</b>	<b>6181,285</b>	<b>13472,618</b>	<b>13,738</b>	<b>20,130</b>	<b>20,662</b>
Minimo	89,633	6092,087	13278,200	13,540	20,104	20,523
Massimo	99,537	6766,980	14749,200	15,040	20,300	21,633
Valore medio	94,585	6429,533	14013,700	14,290	20,202	20,922
Varianza	29,431	136644,195	649152,300	0,675	0,012	0,150
Deviazione standard	2,215	150,911	328,926	0,335	0,044	0,158
Deviazione	2,215	150,911	328,926	0,335	0,044	0,158

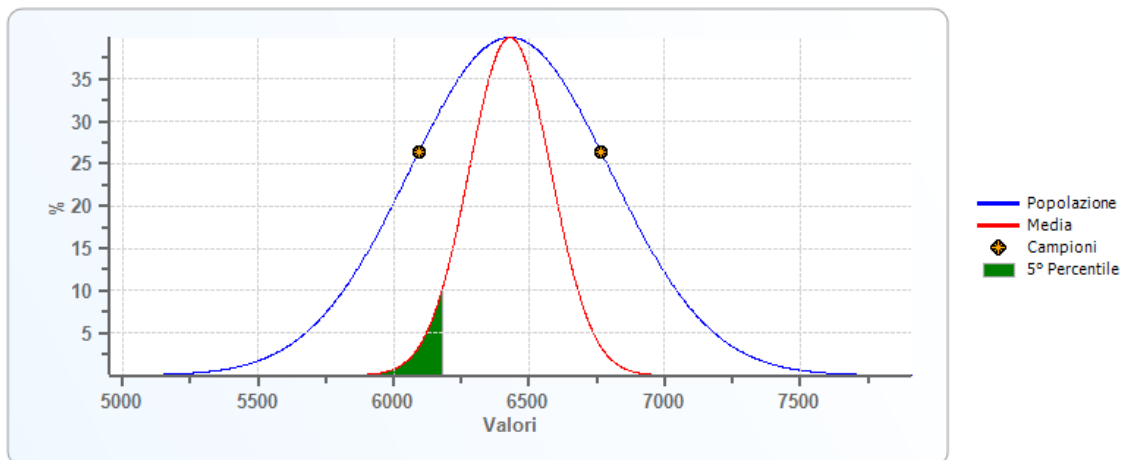
Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

standard della media						
Percentile	(5°) 85,661	(5°) 5821,452	(5°) 12688,324	(5°) 12,938	(5°) 20,025	(5°) 20,285
Percentile media	(5°) 90,942	(5°) 6181,285	(5°) 13472,618	(5°) 13,738	(5°) 20,130	(5°) 20,662
C.O.V.	0,057	0,057	0,057	0,057	0,005	0,018

### Cu - Coesione non drenata

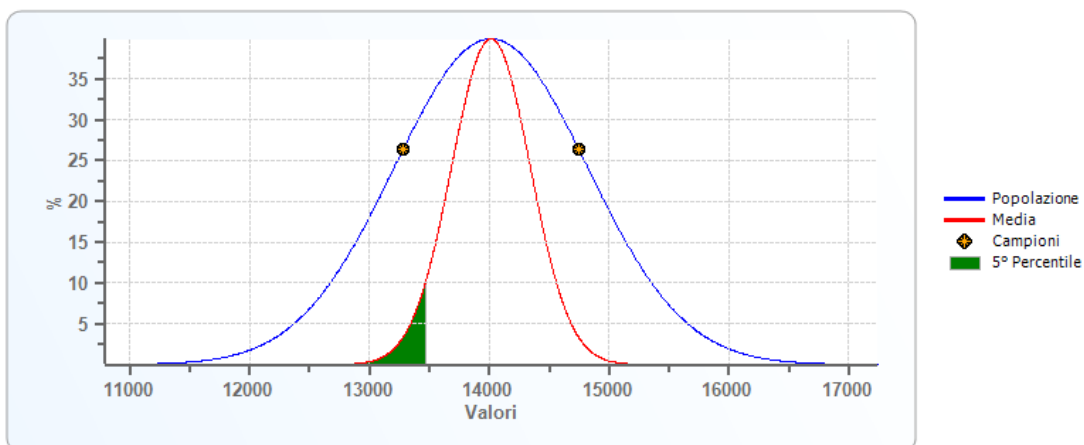


### Eed - Modulo di compressibilità edometrica

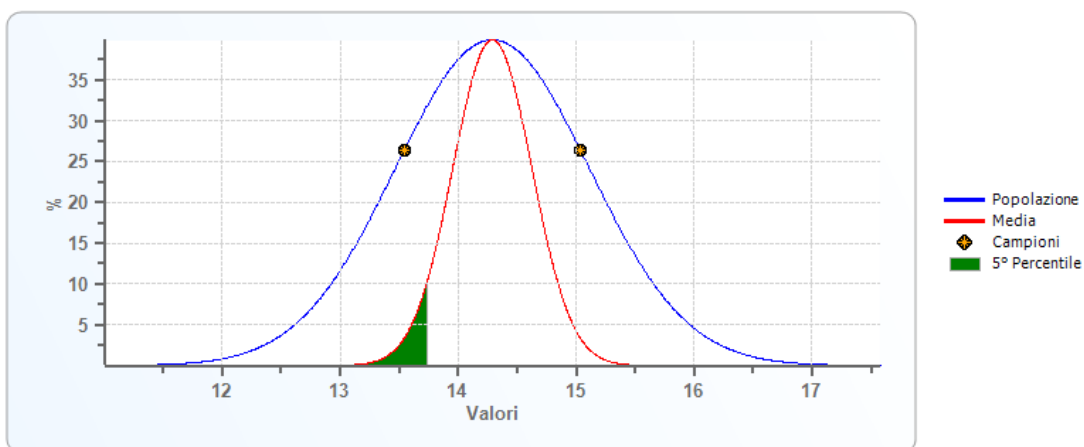


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

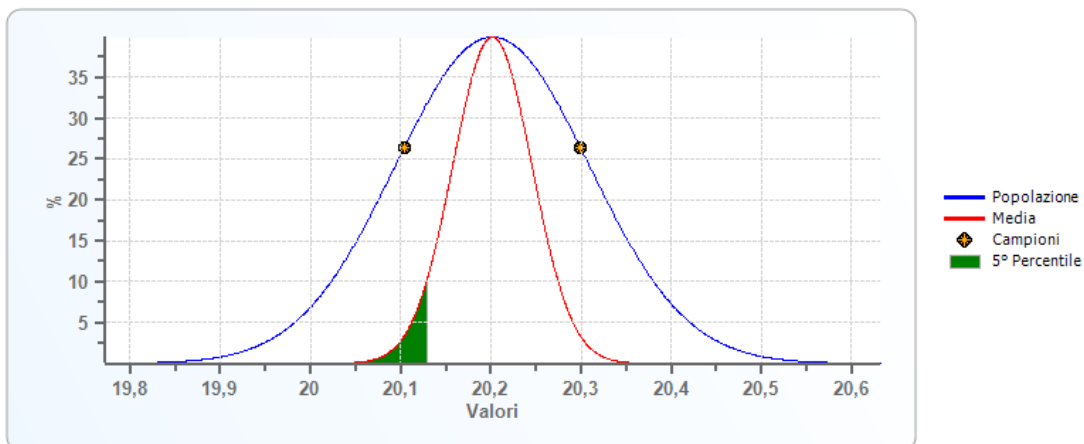
### Ey - Modulo di Young



### N(30) - N spt

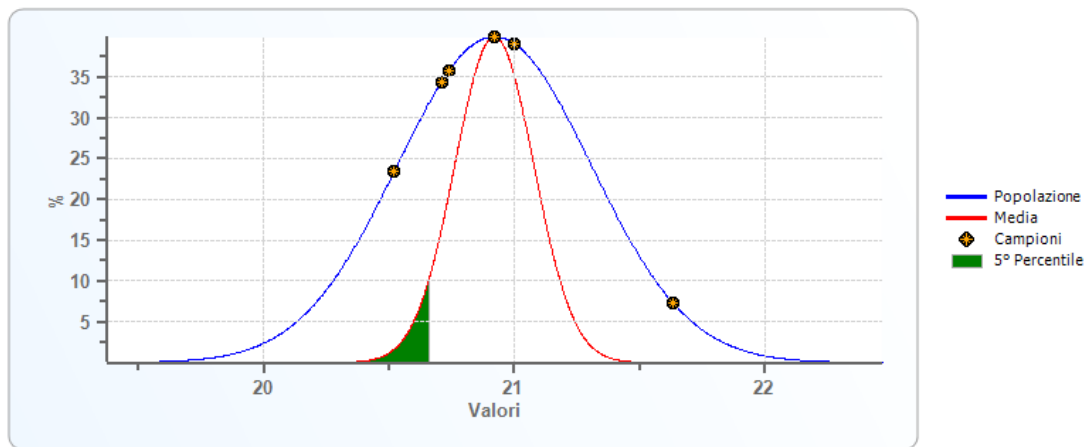


### Dry unit weight - Peso di volume naturale



Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

### Saturated unit weight - Peso di volume saturo



### Strato n.8

Descrizione | **Strato**  
Spessore [m] | **1,00**

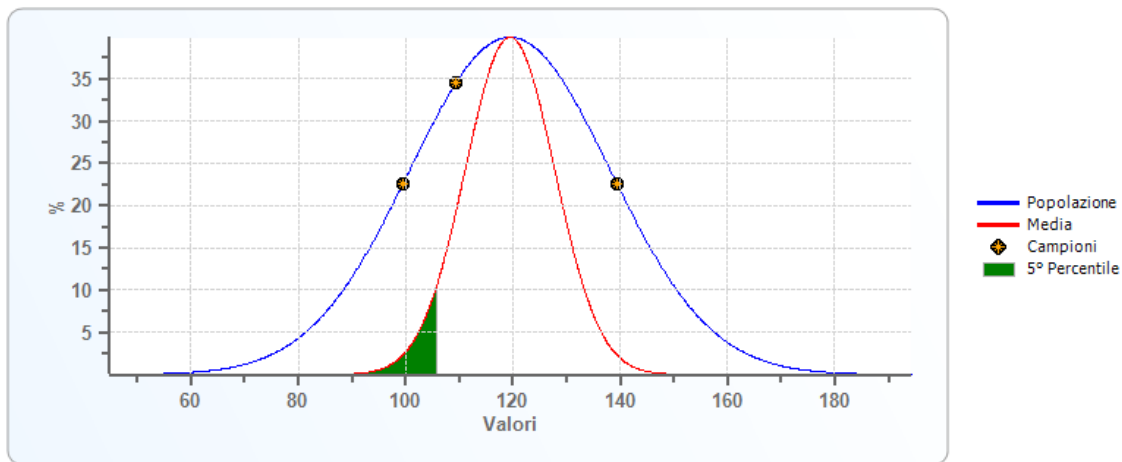
Elenco delle misure						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità à edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
1	99,538	6766,980	14749,200	15,040	20,300	20,790
2	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	20,790
3	109,442	7441,875	16220,200	16,540	20,398	
4	139,451	9475,479	20652,800	21,060	20,594	
5	139,451	9475,479	20652,800	21,060	20,594	

Risultati elaborazione						
	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità à edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
<b>Valore caratteristico</b>	<b>105,717</b>	<b>6035,496</b>	<b>15666,786</b>	<b>15,976</b>	<b>20,360</b>	<b>20,790</b>
Minimo	99,537	6766,980	14749,200	15,040	20,300	20,790
Massimo	139,451	9475,479	20652,801	21,060	20,594	20,790
Valore medio	119,465	8120,337	17699,040	18,048	20,457	20,790
Varianza	349,217	1606253,412	7631223,679	7,935	0,017	0,000
Deviazione standard	8,357	566,790	1235,413	1,260	0,059	0,000
Deviazione	8,357	566,790	1235,413	1,260	0,059	0,000

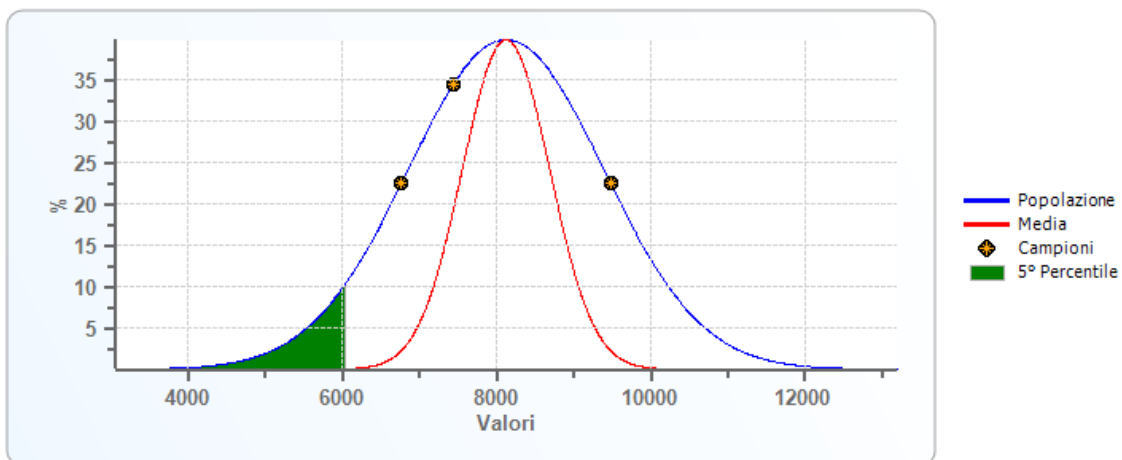
Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

standard della media						
Percentile	(5°) 88,724	(5°) 6035,496	(5°) 13154,782	(5°) 13,414	(5°) 20,240	(5°) 20,790
Percentile media	(5°) 105,717	(5°) 7187,968	(5°) 15666,786	(5°) 15,976	(5°) 20,360	(5°) 20,790
C.O.V.	0,156	0,156	0,156	0,156	0,006	0,000

### Cu - Coesione non drenata



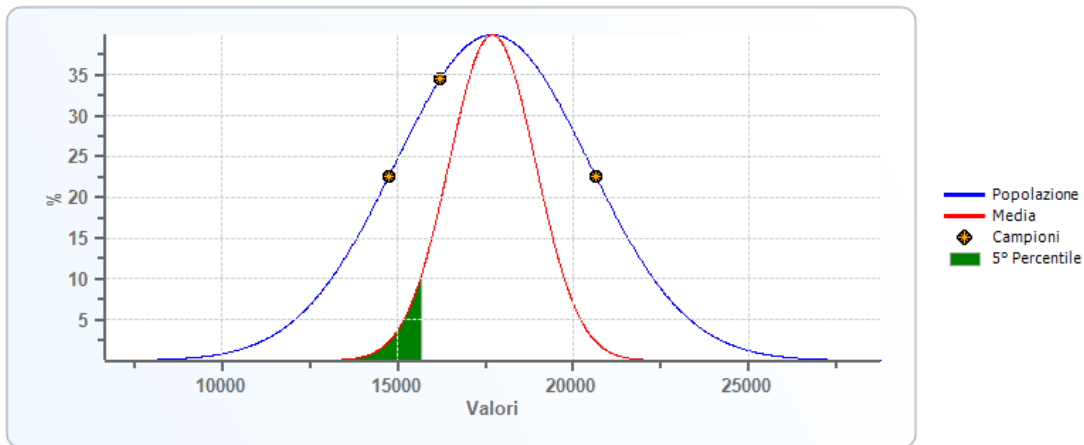
### Eed - Modulo di compressibilità edometrica



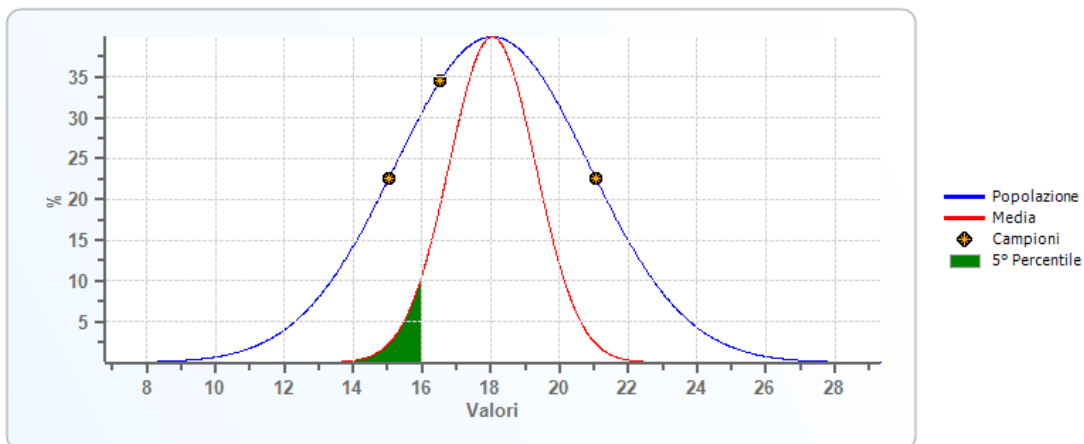


Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

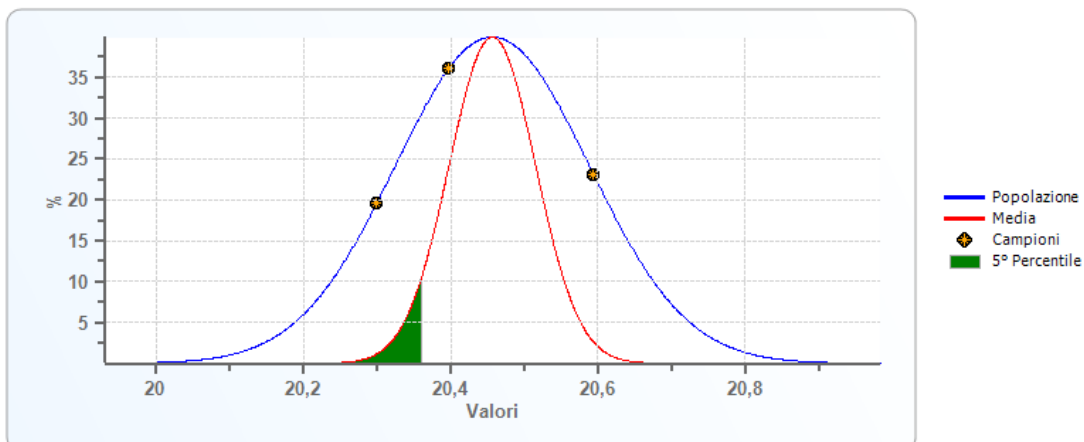
### Ey - Modulo di Young



### N(30) - N spt



### Dry unit weight - Peso di volume naturale



Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

## 8. Stima capacità portante del terreno di fondazione

Il progetto prevede la realizzazione di una serie di strutture (meglio definite in premessa ed in relazione tecnica) a completamento di un impianto di biogas, già in parte realizzato, con fondazioni da ubicare ad un massimo di -1,2 m dal p.c..

Il substrato di fondazione è costituito prevalentemente da limi argillosi e sabbie, ossia terreni (granulari) dotati di una permeabilità discreta e pertanto non soggetti a regimi transitori delle sovrappressioni interstiziali generate da variazioni repentine di carico; di conseguenza ogni mutamento dello stato tensionale nel terreno si traduce, in tempi brevi, in termini di sforzi efficaci. In questo caso, la stima della capacità portante è stata effettuata per fondazioni dirette superficiali; il progettista cui compete lo studio esecutivo delle strutture, utilizzando i parametri geotecnici del terreno determinati, potrà verificare quanto di seguito riportato e calcolare la portanza per altre tipologie fondali, a suo giudizio, più consone alla struttura in progetto.

Per la stima della capacità portante è stato utilizzato il software LOADCAP che ha usufruito dei parametri geotecnici caratteristici determinati con il software CVSoil.

Si riporta di seguito il calcolo della portanza realizzato con il suddetto software a puro titolo esemplificativo; sarà cura dello strutturista verificare, in base ai dati caratteristici del terreno ed al tipo di fondazioni prescelte la verifica del carico limite ed i conseguenti cedimenti del terreno. Si è tenuto conto di fondazioni superficiali costituiti da plinti.

### DATI GENERALI

=====	
Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	1,6 m
Lunghezza fondazione	5,0 m
Profondità piano di posa	1,2 m
Altezza di incastro	1,0 m
Profondità falda	5,8
=====	

### STRATIGRAFIA TERRENO

DH [m]	Gam kN/m <sup>3</sup>	Gams kN/m <sup>3</sup>	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c kN/m <sup>2</sup>	c Corr. kN/m <sup>2</sup>	cu kN/m <sup>2</sup>	Ey kN/m <sup>2</sup>	Ed kN/m <sup>2</sup>
-----------	--------------------------	---------------------------	-----------	-----------------	------------------------	------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

0,8	13,35	18,29	28,2896	28,28959	0,0	0,0	0,0	10000,0	2903,19
1,4	20,45	21,14	0,0	0	0,0	0,0	117,332	17384,4	7975,97
0,8	19,18	19,88	0,0	0	0,0	0,0	61,969	9177,5	4210,67
2,6	18,58	19,58	32,4861	32,48613	0,0	0,0	0,0	15806,89	5921,54
1,4	20,47	21,16	0,0	0	0,0	0,0	143,5657	21267,83	9757,65
1,0	20,4	20,9	0,0	0	0,0	0,0	109,4128	16215,84	7439,88
1,2	20,13	20,66	0,0	0	0,0	0,0	90,9419	13472,62	6181,29
1,0	20,36	20,79	0,0	0	0,0	0,0	105,717	15666,79	6035,5

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

#### Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R1	181,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	A2+M2+R2	181,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	Sisma	181,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
4	S.L.E.	181,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
5	S.L.D.	181,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

#### Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
4	No	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE

**Autore: MEYERHOF (1963)**

Carico limite [Qult] 543,29 kN/m²

Resistenza di progetto [Rd] 301,83 kN/m²

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Tensione [Ed] 181,1 kN/m<sup>2</sup>  
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3,0  
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 21731,59 kN/m<sup>3</sup>

### A1+M1+R1

#### Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1,0  
 Fattore [Nc] 5,14  
 Fattore [Ng] 0,0  
 Fattore forma [Sc] 0,06  
 Fattore profondità [Dc] 0,3  
 Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0  
 Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
 Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0  
 Carico limite 838,8 kN/m<sup>2</sup>  
 Resistenza di progetto 838,8 kN/m<sup>2</sup>  
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

#### Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1,0  
 Fattore [Nc] 5,7  
 Fattore [Ng] 0,0  
 Fattore forma [Sc] 1,3  
 Fattore forma [Sg] 0,8  
 Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0  
 Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
 Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0  
 Carico limite 885,62 kN/m<sup>2</sup>  
 Resistenza di progetto 885,62 kN/m<sup>2</sup>  
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

#### Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq] 1,0  
 Fattore [Nc] 5,14  
 Fattore [Ng] 0,0  
 Fattore forma [Sc] 1,06  
 Fattore profondità [Dc] 1,15  
 Fattore inclinazione carichi [lc] 1,0  
 Fattore forma [Sq] 1,0  
 Fattore profondità [Dq] 1,0  
 Fattore inclinazione carichi [lq] 1,0  
 Fattore forma [Sg] 1,0

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	754,13 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	754,13 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

**Autore: VESIC (1975) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	0,06
Fattore profondità [Dc]	0,3
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	838,8 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	838,8 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

**Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,3
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	850,38 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	850,38 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

**A2+M2+R2**

**Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	0,06
Fattore profondità [Dc]	0,3
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Carico limite 603,77 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 335,43 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq] 1,0

Fattore [Nc] 5,7

Fattore [Ng] 0,0

Fattore forma [Sc] 1,3

Fattore forma [Sg] 0,8

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0

Carico limite 637,21 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 354,01 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq] 1,0

Fattore [Nc] 5,14

Fattore [Ng] 0,0

Fattore forma [Sc] 1,06

Fattore profondità [Dc] 1,15

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1,0

Fattore forma [Sq] 1,0

Fattore profondità [Dq] 1,0

Fattore inclinazione carichi [Iq] 1,0

Fattore forma [Sg] 1,0

Fattore profondità [Dg] 1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0

Carico limite 543,29 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 301,83 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**Autore: VESIC (1975) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq] 1,0

Fattore [Nc] 5,14

Fattore [Ng] 0,0

Fattore forma [Sc] 0,06

Fattore profondità [Dc] 0,3

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0  
Carico limite 603,77 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 335,43 kN/m<sup>2</sup>  
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq] 1,0  
Fattore [Nc] 5,14  
Fattore [Ng] 0,0  
Fattore forma [Sc] 1,06  
Fattore profondità [Dc] 1,3  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0  
Carico limite 612,04 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 340,02 kN/m<sup>2</sup>  
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**Sisma**

**Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq] 1,0  
Fattore [Nc] 5,14  
Fattore [Ng] 0,0  
Fattore forma [Sc] 0,06  
Fattore profondità [Dc] 0,3  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0  
Carico limite 603,77 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 335,43 kN/m<sup>2</sup>  
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq] 1,0  
Fattore [Nc] 5,7  
Fattore [Ng] 0,0  
Fattore forma [Sc] 1,3  
Fattore forma [Sg] 0,8  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0  
Carico limite 637,21 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 354,01 kN/m<sup>2</sup>  
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

=====

**Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,15
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,0
Fattore profondità [Dq]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	543,29 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	301,83 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

=====

**Autore: VESIC (1975) (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	0,06
Fattore profondità [Dc]	0,3
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	603,77 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	335,43 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

=====

**Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)**

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,3
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	612,04 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	340,02 kN/m <sup>2</sup>



Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

### **CEDIMENTI ELASTICI**

Pressione normale di progetto	181,09 kN/m <sup>2</sup>
Spessore dello strato	10,0 m
Profondità substrato roccioso	20,0 m
Modulo Elastico	17384,4 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0,32

Coefficiente di influenza I1	0,75
Coefficiente di influenza I2	0,04
Coefficiente di influenza Is	0,77

Cedimento al centro della fondazione 16,04 mm

Coefficiente di influenza I1	0,61
Coefficiente di influenza I2	0,07
Coefficiente di influenza Is	0,65
Cedimento al bordo	6,76 mm

## **9. Terre rocce da scavo**

Il progetto di variante per la realizzazione di un impianto di biogas già parzialmente costruito a seguito dell'autorizzazione unica A.U. della MARCOPOLO Engineering S.p.A. – Sistemi Ecologici con D.D. n. 582 del 23/02/2009 rilasciata dalla Provincia di Grosseto per la costruzione e l'esercizio, ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 387/03 e art. 13 della L.R. 39/2005 ed oggetto di variazioni impiantistiche, prevede la produzione di terreno (circa 5000 m<sup>3</sup> come meglio specificato nel paragrafo 4.9 *Movimentazione Terra* dell'elaborato D2 facente parte della documentazione a corredo della Relazione Tecnica dell'istanza di A.I.A. e nel paragrafo 5.9 *Movimentazione Terra* della Relazione Illustrativa del Progetto Definitivo a corredo del S.I.A.) che sarà in parte ridistribuito in loco ai sensi dell'art. 185 D.Lgs 152/2006 ed in parte riutilizzato in altro sito idoneo, visto che rientra nel regime di cui all'art. 184 bis del D.lgs. 152/06 poiché sono rispettate le condizioni previste al comma 1 dell'art. 41bis del decreto legge 21 giugno 2013, n° 69 convertito con modifiche nella legge n° 98 del 9 agosto 2013. Qualora per ragioni oggi non previste né preventivabili risultassero eventuali esuberi rispetto alle quantità prima esposte, sarà nostra cura comunicare prima dell'inizio dei lavori all'ARPAT della Provincia di Grosseto, tutti i dati necessari con la *dichiarazione delle terre e rocce da scavo* ai sensi del Decreto Legge 21 giugno 2013, n° 69, art.

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

41bis, comma 1, convertito con modifiche nella legge n° 98 del 9 agosto 2013.

## 10. Considerazioni sismiche

### 10.1 – Azione sismica – Categorie di suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie. Mediante l'utilizzo della Tab. 3.2 II e 3.2 III del D.M. 14/01/2008, sono state individuate due categorie di sottosuolo: depositi colluviali e ammasso roccioso (Verrucano). In generale l'attribuzione di un terreno ad una categoria di sottosuolo è fatta in base ai valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$  ottenute mediante indagini sismiche. Visto l'assetto geologico-geomorfologico sito-specifico ed i valori della velocità media delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) nei primi 30 metri di profondità, così come acquisiti lungo il profilo sismici, abbiamo: (secondo la formula riportata dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori. Il valore del parametro  $V_{s30}$ , calcolato indirettamente tramite indagini sismiche è risultato inferiore a 360 m/s. In ragione di ciò, la categoria di suolo sottostante l'area in esame corrispondente al nostro sito è la C.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

### 10.2 Condizioni topografiche

Per condizione morfologiche collinari e/o montuose di tipo complesso, è necessario predisporre un'analisi di risposta sismica locale. Per situazioni geomorfologiche meno complesse, come nel nostro caso, si può semplificare adottando una categoria riportata nella seguente tabella:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Vista la litologia affiorante, la posizione geomorfologia e soprattutto l'inclinazione media del versante ( $<15^\circ$ ), si può affermare che la categoria topografica associabile all'area in esame è la T1.

### 10.3 Parametri Sismici

Visti i dati ricavati con l'indagine sismica, la posizione geografica del sito investigato (coordinate geografiche in ED50) e le caratteristiche del progetto in esame (classe d'uso I), è stato possibile determinare i parametri sismici ed i coefficienti sismici.

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame: Latitudine: 42,919376 Longitudine: 11,210716

Classe: I Vita nominale: 50

Sito di riferimento.

	ID	LATITUDINE (°)	LONGITUDINE (°)	DISTANZA (m)
Sito 1	23831	42,911570	11,168840	3518,9
Sito 2	23832	42,912920	11,237060	2262,2
Sito 3	23610	42,962910	11,235170	5234,1
Sito 4	23609	42,961560	11,166880	5893,7

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: A Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni Coefficiente cu: 1

	Prob. Superamento (%)	Tr (anni)	Ag (g)	Fo (-)	Tc (s)
Operatività(SLO)	81	30	0,040	2,537	0,220
Danno(SLD)	63	50	0,052	2,492	0,246
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,132	2,463	0,271
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,167	2,488	0,277

Coefficienti sismici:

	Ss (-)	Cc (-)	St (-)	Kh (-)	Kv (-)	Amax (m/s <sup>2</sup> )	Beta (-)
SLO	1,000	1,000	1,000	0,0008	0,004	0,396	0,200
SLD	1,000	1,000	1,000	0,010	0,005	0,511	0,200
SLV	1,000	1,000	1,000	0,038	0,019	1,292	0,290
SLC	1,000	1,000	1,000	0,048	0,024	1,639	0,290

## 11. Considerazioni conclusive

Sulla base delle indagini, rilievi e prove effettuate nei terreni in cui è in progetto il completamento di un impianto di biogas e viste le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dei luoghi ed in base a quanto stabilito dal D.P.G.R. 36/R/2009 "Regolamento di attuazione dell'art. 117 commi 1 e 2 della L.R. 1/2005, dal P.T.C. di Grosseto, dal Piano Strutturale di Campagnatico ma anche in relazione al rischio idraulico ed alla vulnerabilità delle falde, per ciascun tipo di componente morfologico-geologica sono state definite le seguenti classi di rischio:

IRRILEVANTE – BASSO – MEDIO – ELEVATO

Una volta determinate le quattro classi di rischio succitate e rilevata la classe di destinazione d'uso corrispondente all'intervento in progetto, verrà definita la classe di

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

fattibilità corrispondente a ciascun rischio, da assegnare all'intervento medesimo soprattutto tenendo conto dei risultati ottenuti con le indagini dirette in sito.

#### RISCHIO GEOLOGICO/SISMICO-GEOMORFOLOGICO

In base al Piano Strutturale del Comune di Campagnatico l'area rientra in *Pericolosità geologica e geomorfologica media e molto elevata (porzione a sud dell'area d'intervento)*.

*In base al P.A.I. l'area rientra nel dominio idraulico e dominio geomorfologico e idraulico forestale.*

In base a studi puntiformi, la struttura in oggetto, si colloca su un tratto di versante posto ad una quota compresa tra 148 s.l.m. e 150 m s.l.m., caratterizzato da una superficie semipianare di natura antropica, sede negli anni passati di una cava (coltivazione di sabbie silicee) ed oggi dimora di un allevamento intensivo di bovini e dell'impianto in oggetto.

In base a studi puntiformi, non sono stati evidenziati fenomeni gravitativi in atto, né tantomeno condizioni geomorfologiche e/o indizi che possano far presupporre che possano determinare presenza di fenomeni erosivi e/o di subsidenza. Questa situazione geologico-geomorfologica determina una classe 2 di pericolosità geologico-sismica: pericolosità bassa per quel che riguarda la struttura in progetto.

#### RISCHIO IDRAULICO

In base al Piano Strutturale del Comune di Campagnatico l'area rientra in *Pericolosità irrilevante* Classe 1 e classe 2.

In base a studi puntiformi, l'area in esame rientra nella classe 1 classe di pericolosità idraulica, ossia pericolosità irrilevante. La zona in esame risulta al di fuori degli ambiti di applicazione delle prescrizioni, vincoli e direttive di cui al P.I.T. (D.C.R. 72/2007). Questa situazione determina una classe 1 di pericolosità idraulica: pericolosità irrilevante (l'intervento non presenta problematiche in relazione al rischio di alluvionamento).

#### VULNERABILITÀ DELLA FALDA

In base al Piano Strutturale del Comune di Campagnatico l'area rientra in *Pericolosità 2*.

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

In base ad indagini puntiformi è stata rilevata una falda principale impostata nel substrato roccioso a circa -70/90 m dal p.c. ed una falda superficiale impostata nelle sabbie ad una profondità di circa - 6 m dal p.c.. Le fondazioni saranno posizionate ad una profondità di -1,2 max 1,5 m dal p.c., ossia ad oltre + 4,5 m dal tetto della prima falda acquifera.

Determinate le quattro classi di rischio, verificato quanto riportato nelle norme di PAI, si avrà la seguente fattibilità dell'intervento in oggetto:

<i>Definizione della FATTIBILITÀ ai sensi del Piano strutturale e studi puntiformi</i>			
pericolosità geologica	2	Fattibilità	2
Pericolosità geomorfologica	2	Fattibilità	2
Vulnerabilità della falda	2	Fattibilità	2
pericolosità idraulica	1	Fattibilità	1

In conclusione, analizzate le caratteristiche geomorfologiche, geologiche ed idrogeologiche dei terreni in esame, si può concludere che il progetto è eseguibile (**FATTIBILITA' 2**) sempre che in fase esecutiva vengano adottate le prescrizioni previste dalla normativa vigente in materia e soprattutto si tenga conto di quanto è emerso in detto studio, riportato dettagliatamente nei paragrafi precedenti e sintetizzati di seguito:

- adottare una fondazione, da posizionare ad una profondità minima di -1,0 m dal p.c. al fine di attestarle direttamente sulla porzione di terreno che meno risente delle variazioni climatiche;
- realizzare le fondazioni con modalità di assoluto rispetto in materia d'infiltrazione delle precipitazioni; l'intervento, non arrecherà nessuna turbativa al buon regime delle acque superficiali, la realizzazione del progetto non arrecherà alcun disturbo alla copertura vegetale né tanto meno apporterà un incremento del grado d'antropizzazione dell'area in quanto sarà posizionato in adiacenza dell'impianto esistente;
- la creazione di nuove aree impermeabili sarà effettuata con modalità tali da garantire i processi d'infiltrazione e ritenzione delle acque meteoriche; quindi in termini di regimazione delle acque superficiali, l'attuazione di quanto sopra non sarà di disturbo alla rete scolante superficiale.

Relazione geologica di supporto al progetto di impianto di recupero letame e frazione umida dei rifiuti per la produzione di compost e energia mediante modifica di un impianto, già autorizzato con A.U. della Provincia di Grosseto ex D.D. 582 del 23/02/2009 per il solo recupero del letame, ubicato in loc. Ontaneta, frazione di Montorsaio, Comune di Campagnatico (GR).

S'invita sin d'ora la *Committenza* e la *D.L.* a comunicare il termine delle operazioni di scavo, preliminari al getto delle fondazioni, al fine di eseguire un sopralluogo di verifica, controllo e accertamento della presenza o meno d'acqua in modo da adottare, eventualmente, ogni ulteriore accorgimento utile alla corretta esecuzione degli stessi interventi.

***Dott. Geol. Simona Petrucci***