

COMUNE DI SOLETO

PROVINCIA DI LECCE

COMMITTENTE: FORENERGY S.R.L.S.
LEGALE RAPPRESENTANTE SIG. RESTA GIANCARLO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
DI DIGESTIONE ANAEROBICA PER IL TRATTAMENTO
DI RIFIUTI SPECIALI NON PERICOLOSI CON
PRODUZIONE DI BIOMETANO SU UN'AREA SITA
SU S.P. 362 NELLAZONA INDUSTRIALE

RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Ruffano, settembre 2023

IL GEOLOGO
Dott. Marcello DE DONATIS



INDICE

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
CARATTERI GEOLOGICI.....	4
IDROGEOLOGIA.....	6
INDAGINE GEOGNOSTICA	9
MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO ..	15
CAPACITA' PORTANTE	17
CONCLUSIONI	21

PREMESSA

Il sottoscritto è stato incaricato, nel mese di settembre 2023, dalla società FORENERGY S.R.L.S. nella persona del suo rappresentante legale Sig. Resta Giancarlo per eseguire un'indagine geognostica e sismica e redigere una relazione geologico-tecnica su un'area interessata dalla realizzazione di un impianto di digestione anaerobica per il trattamento di rifiuti speciali non pericolosi con produzione di biometano sita sulla S.P. 362 nella zona industriale di Soletto.

Lo studio geognostico si è articolato nel seguente modo:

- un rilievo geologico di superficie, i cui dati, integrati da quelli bibliografici sono riportati nella prima parte della relazione;
- esecuzione di un profilo sismico a rifrazione della lunghezza di 22 metri, per la ricostruzione dei caratteri litologici e meccanici del sottosuolo.

I risultati ottenuti dall'indagine geognostica, integrati dalle informazioni geologiche, dedotte da studi già effettuati in aree limitrofe, hanno consentito di ricostruire il modello geologico dell'area interessata dall'intervento.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

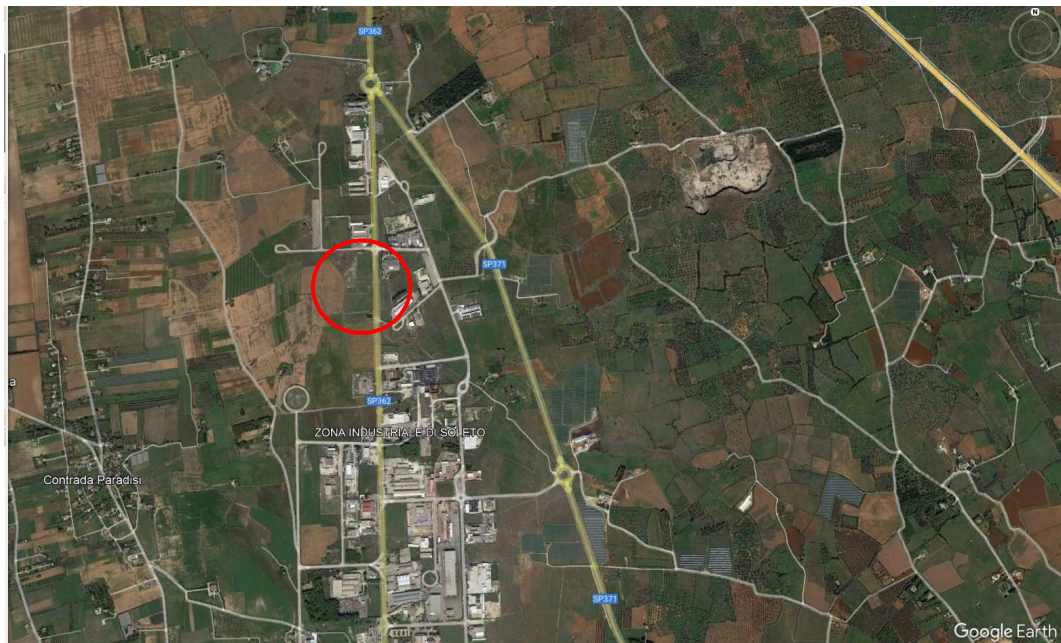
L'area indagata è ubicata nella zona industriale di Soletto, lotti di terreno ASI 143, 145, 148, 149, 159, 160 e 161.

La quota topografica è di 63 metri s.l.m.

L'area di indagine è individuata dalle seguenti coordinate geografiche :

-Latitudine : 40° 12' 36'' N

-Longitudine : 18° 09' 58'' E



Area di indagine, immagine da Google Earth ®

CARATTERI GEOLOGICI

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 214 tavoletta di Gallipoli della Carta Geologica d'Italia.

La morfologia risulta pianeggiante, con quote topografiche di 63 metri s.l.m.

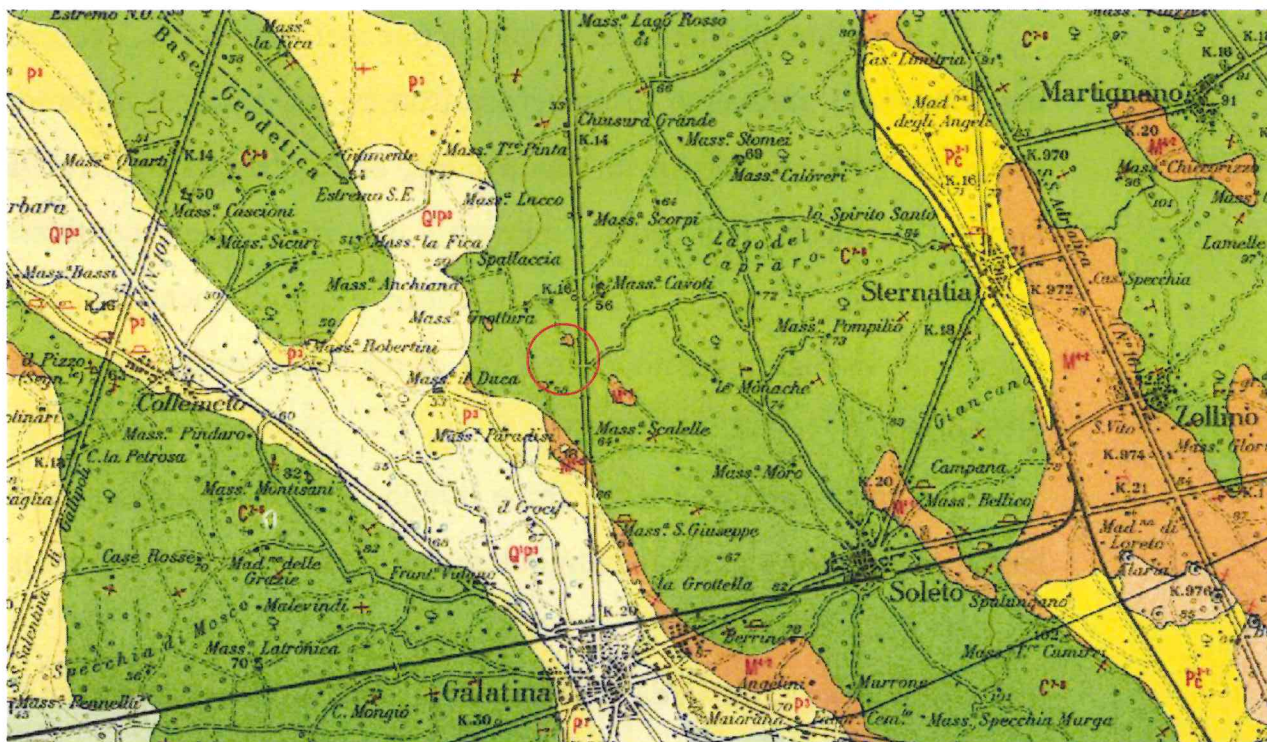
Litologicamente affiorano i Calcari di Altamura che costituiscono il basamento dell'intera Penisola Salentina e si presentano con stratificazione variabile, ad andamento ondulato con strati da 20-30 cm di spessore che, a luoghi, diminuisce sino ad assumere la caratteristica struttura a "tavolette", con laminazione piano-parallela.

Litologicamente si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore avana, compatti e tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, sui quali si alternano livelli di colore grigio-nocciola.

L'origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera vicino Ugento, lo spessore massimo si aggira intorno ai 640 metri. Alla base di tale formazione si rinvencono le "Dolomie di Galatina". Il passaggio fra le due formazioni avviene con molta gradualità, infatti con l'aumentare della profondità aumenta la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il suo ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo e più esattamente di piattaforma continentale. Inoltre, data la presenza di spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato nel tempo, per effetto di una costante subsidenza.



Stralcio della Carta Geologica d'Italia

IDROGEOLOGIA

Nell'area in esame è stata rilevata la presenza di un solo acquifero, denominato profondo o carsico ed è sostenuto alla base dalle acque marine di intrusione continentale.

La sua alimentazione è data dalle acque meteoriche che, penetrando nel sottosuolo attraverso le numerose fratture dei calcarei, saturano la roccia e si raccolgono in un'unica falda, che galleggia in virtù della minore densità sull'acqua marina di intrusione continentale determinando, in tutta la Penisola Salentina e quindi anche nell'area in esame, un sistema regolato dalle leggi di equilibrio di liquidi a densità differente.

La falda carsica, che ha come livello di base l'orizzonte marino, ha nel complesso una forma lenticolare con massimi spessori nella parte centrale della Penisola.

Il livello della falda, che tende a zero in corrispondenza della costa sale verso l'interno assai lentamente con cadenti piezometriche modeste, generalmente inferiori al 1%. La superficie di contatto tra le acque di falda e le acque di mare, a livello quasi zero in corrispondenza della costa, si approfondisce via via verso l'interno raggiungendo profondità di circa 40 volte i carichi piezometrici.

Ciò in accordo con la legge di Ghyben-Henzberg, secondo cui:

$$h = 40 \times t$$

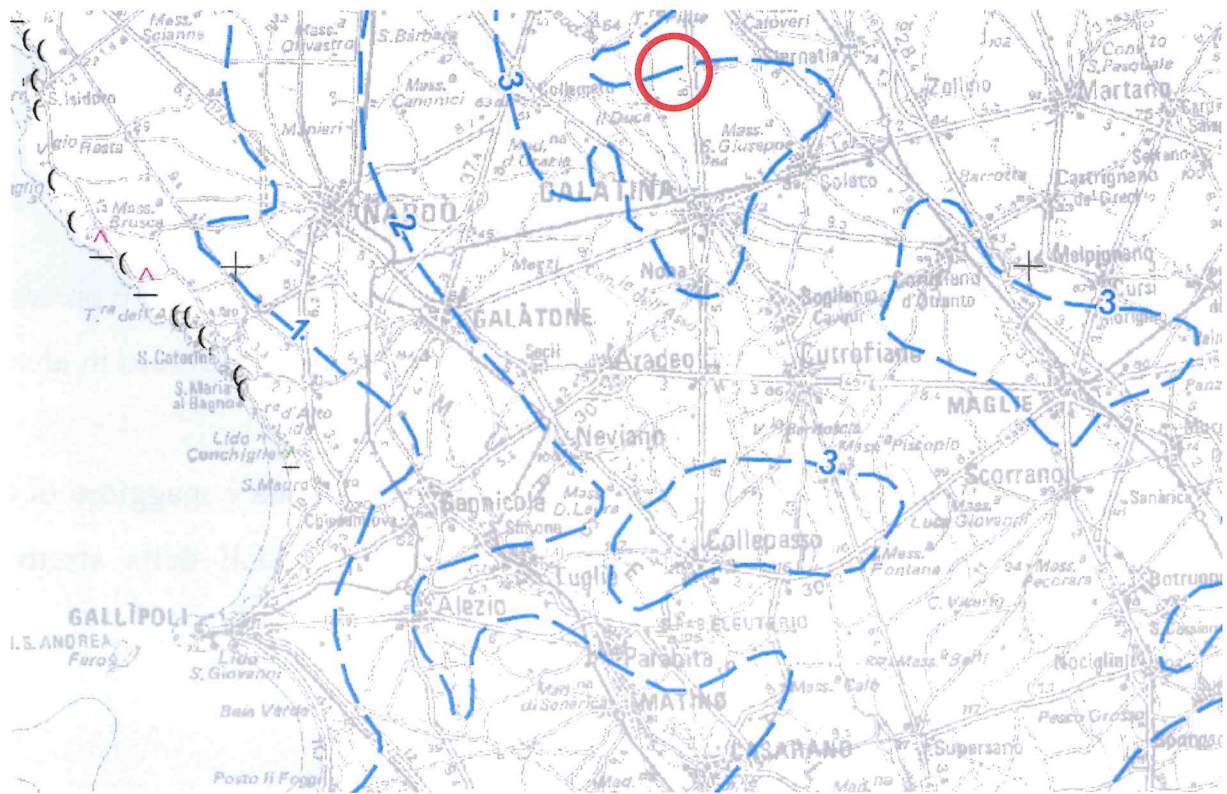
ove h è lo spessore dell'acqua dolce

t è l'altezza della superficie piezometrica rispetto al l.m.

La qualità dell'acqua è buona, dato che il carico piezometrico è a 3.0 metri s.l.m., e il residuo fisso misurato in alcuni pozzi presenti nella zona è compreso tra 0.7-1.0 gr/l.

La profondità di rinvenimento della falda profonda risulta a circa 60 metri, pertanto non interagisce con le opere fondali della struttura realizzanda.

Indagine geognostica su un'area interessata dalla realizzazione di un impianto di digestione anaerobica per il trattamento di rifiuti speciali non pericolosi con produzione di biometano sita sulla S.P. 362 nella zona PIP del Comune di Soleto



Piano di tutela delle acque – Regione Puglia
Tav.6.2 “Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento”

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine è stata effettuata in conformità alle direttive del D.M. 17.01.2018 § 6.2.2 delle N.T.C. e § 6.2.1 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019 ed è stata finalizzata alla raccolta di tutti i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera dopo la realizzazione dell'intervento.

Trattandosi di accertare la costituzione del sottosuolo e di valutare le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti, si è proceduto con l'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione, che consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni, con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità (V_p) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la

velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

E' stato eseguito un profilo sismico coniugato, adottando una distanza tra i geofoni di 2 metri.

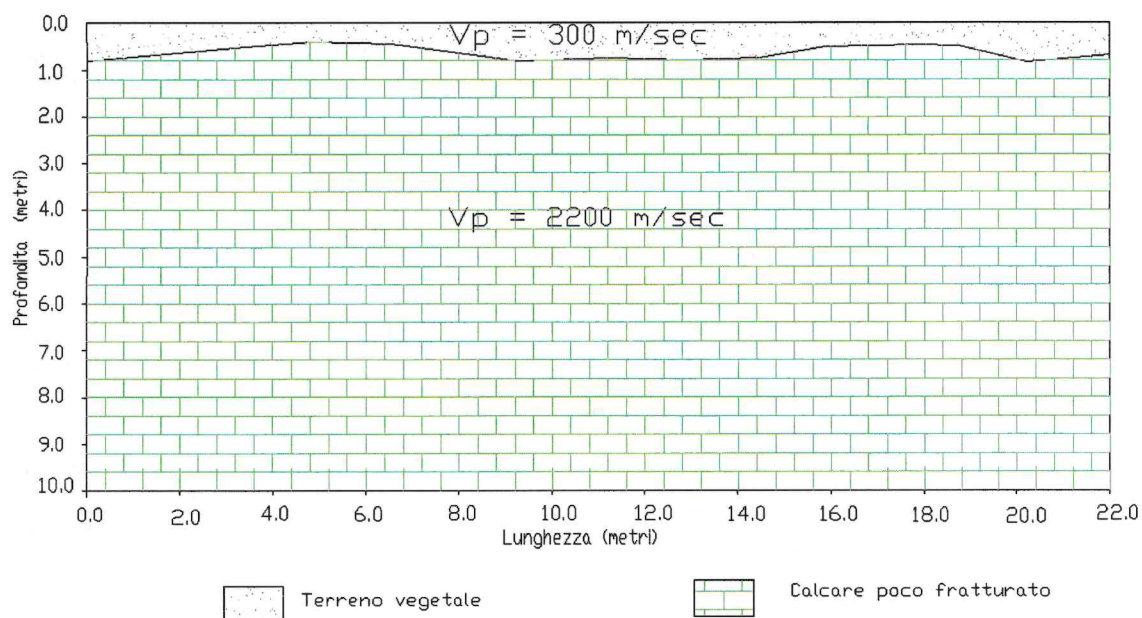
L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra rettangolare

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod. Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Dal profilo sismico è stato evidenziato un modello a due sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale che presenta uno spessore variabile da 0.5 a 0.8 metri ed una velocità di 300 m/sec, seguono dei calcari poco fratturati caratterizzati da una velocità di 2200 m/sec.

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE
LOCALITA': ZONA INDUSTRIALE - COMUNE DI SOLETO





Esecuzione indagine sismica

UBICAZIONE PROFILO SISMICO



Profilo sismico



I parametri geomeccanici sono stati ricavati facendo ricorso a modelli che correlano, tramite opportuni coefficienti, le sollecitazioni dinamiche a quelle statiche che si sviluppano dopo la realizzazione del manufatto.

L'ammasso è stato classificato secondo Beniaowski ed i parametri che sono stati presi in considerazione sono:

- Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- Indice R.Q.D.;
- Condizione dei giunti (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, materiale del riempimento);
- Spaziatura dei giunti;
- Condizioni idrauliche (afflusso di acqua, pressione interstiziale).

Ad ogni parametro è stato assegnato un indice parziale ricavabile da una tabella di Beniaowski.

Per il litotipo affiorante caratterizzato da una $V_p = 2200$ m/sec si ha:

- Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta pari a 1800 kg/cmq → corrisponde un indice di 12;
- Indice R.Q.D. pari a 48% → corrisponde un indice di 12;
- Condizione dei giunti (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, materiale del riempimento) → corrisponde un indice di 9;

- Spaziatura dei giunti → corrisponde un indice di 9;
- Condizioni idrauliche (afflusso di acqua, pressione interstiziale)

corrisponde un indice di 10.

Riepilogando, i valori dei parametri relativi alla classificazione di Beniaowski sono i seguenti:

<i>Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta</i>	12
<i>Indice R.Q.D.</i>	12
<i>Spaziatura dei giunti</i>	9
<i>Condizione dei giunti</i>	9
<i>Condizioni idrauliche</i>	10
Totale	52

In base al valore dell'indice R.M.R., l'ammasso viene suddiviso in 5 classi.

Per ciascuna classe viene indicata una stima di larga massima dei parametri di resistenza globale. Nel nostro caso, con R.M.R. = 52, l'ammasso roccioso rientra nella **classe III** ed è classificato come "discreto".

A questa classe corrisponde un valore di coesione di 15 t/mq e un angolo di attrito di 35°.

MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO

I parametri geotecnici del sottosuolo oggetto di indagine sono:

Peso di volume	(gr/cmc)	2.1
Coesione	(t/mq)	15
Angolo di attrito	(°)	35

Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli strati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali, indicati nella seguente tabella:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m	
	M1	M2
Tan ϕ'	$\gamma_{\phi'} = 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25$
C'	$\gamma_c = 1,00$	$\gamma_c = 1,25$
γ	$\gamma_\gamma = 1,00$	$\gamma_\gamma = 1,00$
Cu	$\gamma_{cu} = 1,00$	$\gamma_{cu} = 1,40$

$\tan \phi'$ = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°); γ = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione efficace (t/mq); c_u = resistenza non drenata.

Verranno, quindi, calcolati i valori delle risultanze ultime del terreno (Rd) utilizzando sia i coefficienti parziali della colonna M1 sia quelli della colonna M2.

Nel nostro caso risultano valori dei parametri corretti in sito rispettivamente pari a:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m	
	M1	M2
$\tan \phi'$	35	29
C'	15	12
γ	2.1	2.1

$\tan \phi'$ = tangente dell'angolo di resistenza al taglio ($^\circ$); γ = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione efficace (t/mq).

CAPACITA' PORTANTE

Per il calcolo della capacità portante è stato applicato l'approccio 2 combinazione unica, combinazione di tipo geotecnica-strutturale GEO-STRU (A1 + M1 + R3) , nel nostro caso per la determinazione della capacità portante dei terreni è stata utilizzata la relazione di Meyerhof per fondazioni continue, orizzontali e senza inclinazione di carico. La formula è la seguente:

$$q_{lim} = cN_c s_c d_c + \gamma D N_q s_q d_q + 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

dove N_γ , N_q , N_c = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di attrito efficace ϕ' ;

s_γ , s_q , s_c = fattori di forma della fondazione;

d_q , d_c , d_γ = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Ai fattori di capacità portante sono stati assegnati i valori proposti da VESIC (1975).

Il valore dei fattori di forma è stato calcolato mediante le relazioni:

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0,1 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$$

dove :

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi / 2)$$

con : L = lunghezza della fondazione

B = larghezza

Nei casi reali la fondazione è posta sempre ad una certa profondità D al di sotto del p.c..

Ciò comporta:

a) un effetto stabilizzante dovuto alla presenza del sovraccarico $q' = \gamma D$ agente ai bordi della fondazione;

b) un effetto stabilizzante dovuto alla resistenza al taglio mobilitabile lungo la superficie di scorrimento.

Il primo è rappresentato nell'espressione q_{lim} dal termine $(q'Nq)$; il secondo è ricavabile dall'espressione approssimata (Meyerhof, 1970):

$$d_c = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B}$$

dove :

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi / 2)$$

con : D = profondità

B = larghezza

Il carico di sicurezza, q_s , è stato ottenuto applicando alla capacità portante ultima (q_{lim}) un coefficiente pari a 2.3

Calcolo del Carico Limite con il metodo di Meyerhof			
Parametri geotecnici del terreno			
Peso dell'unità di volume terreno di fondazione	(γ)	t/m c	2.10
Angolo di attrito interno	(φ)	°	35.00
Coesione	(c')	t/m ²	15.00
Kp			3.69017
Peso dell'unità di volume terreno di riporto	(γ_r)	t/m c	1.70

Caratteristiche geometriche della fondazione			
Larghezza fondazione	B	m	0.70
Lunghezza fondazione	L	m	5.00
Eccentricità larghezza	e_x	m	0.00
Approfondimento	D	m	0.40
Inclinazione carico	i	°	0.00
Larghezza ridotta	B'	m	0.70

Coefficienti di fondazione		
N _q		33.2960
N _γ		37.1523
N _c		46.1235

Fattori di forma		
S _c		1.1033
S _q = S _γ		1.0517

Fattori di profondità

d_c		1.2195
$d_q = d_\gamma$		1.1098

Fattori di inclinazione del carico		
$i_q = i_c$		1.0000
i_γ		1.0000

Calcolo del carico limite

26.4248
31.8701
930.9225

q_d		t/m^2	989.2173
-------	--	---------	----------

Il carico ammissibile risulta pari a:

$$Q_{amm} = Q_{limit} \times (RQD)^2 / 2.3 = 989 \times (0.48)^2 / 2.3 = 99 \text{ t/mq} = 9.9 \text{ kg/cmq}$$

CONCLUSIONI

Nel mese di settembre 2023, lo scrivente ha eseguito un'indagine geognostica su un'area interessata dalla realizzazione di un impianto di digestione anaerobica per il trattamento di rifiuti speciali non pericolosi con produzione di biometano sita sulla S.P. 362 nella zona industriale di Soleto.

Dal rilievo di superficie è emerso che:

- dell'area ubicata su un alto strutturale presenta una morfologia pianeggiante con quote topografiche di circa 63 metri s.l.m.;
- litologicamente affiorano i Calcari di Altamura;
- idrogeologicamente l'area è caratterizzata dalla presenza di una falda profonda, a circa 60.0 metri dal p.c., che non interagisce, quindi, con le opere fondali della struttura da realizzare.

Dopo il rilievo geologico di superficie è stata eseguita un'indagine indiretta per la determinazione delle principali caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione.

Dal profilo sismico è stato evidenziato un modello a due sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale che presenta uno spessore variabile da 0.5 a 0.8 metri ed una velocità di 300 m/sec, seguono dei calcari poco fratturati caratterizzati da una velocità di 2200 m/sec.

In base al valore dell'indice RMR, l'ammasso roccioso presente nell'area investigata ricade nella **classe III**, ossia discreta, alla quale corrisponde un valore di coesione di 15 t/mq e un angolo di attrito di 35°.

I parametri geotecnici del sottosuolo oggetto di indagine sono:

Peso di volume	(gr/cmc)	2.1
Coesione	(t/mq)	15
Angolo di attrito	(°)	35

Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli strati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali, che risultano pertanto pari a:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m	
	M1	M2
$\tan \phi'$	35	29
C'	15	12
γ	2.1	2.1

$\tan \phi'$ = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°); γ = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione efficace (t/mq).

Il calcolo della capacità portante è stato eseguito con la relazione di Meyerhof ed il carico ammissibile è risultato di 9.9 kg/cmq.

Ruffano, settembre 2023

IL TECNICO
Geol. Marcello DE DONATIS

