

# RETE GEOTERMICA TOSCANA

C/O TOSCOGEO S.R.L.  
VIA ERNESTO ROSSI N° 9 - 52100, AREZZO  
TEL. 0575 32641 - FAX. 0575 326464

## Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo PROGETTO DEFINITIVO



00	19/11/2015	Emissione	Sintecnic S.r.l.	Magma Energy Italia S.r.l.	Rete Geotermica Toscana
REV.	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

PROGETTISTA:



Dott. Ing. Luca MENINI  
ORDINE INGEGNERI PROV. LIVORNO  
SEZ. A - Ing. Civile - Ambientale  
N. 1507 - Ing. Industriale  
Ing. dell'informazione

TITOLO:

**RELAZIONE SULLE FONDAZIONI DI MACCHINE**

NOTE:

**TOSCO GEO SRL**  
VIA E. ROSSI N.9 - AREZZO 52100  
TEL. 0575 32641 - FAX. 0575 326464  
C.F. e P.IVA 06142590485  
Capitale sociale sottoscritto e versato € 12.000,00  
Società soggetta a direzione e coordinamento di  
Graziella Green Power spa - via E. Rossi, 9 - Arezzo 52100  
C.F. e P.IVA 02033840519

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

C	A	S	0	2	D	E	C	I	R	0	2	2
ARGOMENTO	PROGETTO	LIVELLO	AREA	TIPO	PROGRESSIVO							

Questo documento contiene informazioni di proprietà della RETE GEOTERMICA TOSCANA e può essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. È vietata qualunque forma di riproduzione o divulgazione senza l'esplicito consenso della RETE GEOTERMICA TOSCANA.

FOGLIO:

1 di 8

FORMATO:

A4

## **Sommario**

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>3</b>
<b>3. GEOTECNICA</b>	<b>4</b>
3.1 PARAMETRI MECCANICI	4
3.2 PRESENZA DI FALDA	4
<b>4. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE</b>	<b>5</b>
4.1 CRITERI DI CALCOLO	5
4.2 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO	6
4.2.1 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	7

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento ha lo scopo di descrivere la valutazione preliminare rispetto alla capacità portante dei basamenti e delle fondazioni di macchine ed apparecchiature che saranno utilizzate nell'ambito dell'Istanza per l'avvio della procedura di valutazione di impatto ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i. relativa al progetto "*Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo*".

L'impianto *Geotermico Pilota Castelnuovo* è costituito da:

- **Campo pozzi**, costituito da due pozzi per la produzione dei fluidi geotermici (uno subverticale e l'altro direzionale) sino a profondità di circa 3.500 m, e di un pozzo per la reimmissione dei fluidi estratti, inclusi i gas incondensabili, all'interno delle stesse formazioni geologiche di provenienza, profondo anch'esso circa 3500 m. I tre pozzi saranno perforati da un'unica postazione.
- **Impianto geotermoelettrico**, costituito dalla rete di trasporto dei fluidi geotermici, da una centrale a ciclo binario, con potenza netta di 5MWe (come stabilito dal D.Lgs 03/03/2011 n. 28 e s.m.i.) e da una cabina elettrica di trasformazione.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche di sicurezza delle opere in oggetto sono state svolte in accordo ai seguenti riferimenti normativi:

- [1] D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 – "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" – pubblicato sul S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n.29
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [3] PrEN 1997-1 - Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules
- [4] PrEN 1998-5 - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects

### 3. GEOTECNICA

#### 3.1 PARAMETRI MECCANICI

Sulla base dei dati bibliografici raccolti, è possibile valutare i seguenti range dei parametri geotecnici entro i quali ci si aspetta verosimilmente che ricadano i terreni che saranno oggetto di indagine.

Litologia	Parametri caratteristici				
	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$c_u$	E
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[MPa]
<b>Unità - S</b> - Suoli vegetali e coltri di alterazione superficiali. Spessori variabili tra 0-1m.	18,5-19,5	0	17-21	40-60	6-8
<b>Unità A - ArA</b> - Argille della successione neogenica o dell'unità a palombini con blocchi e lenti ofioliti. Formazione argillitico-marnosa con livelli arenitici e calcarei. Formazione caotica ed alterata fino al limite della resistenza residua. Spessori variabili tra 1-5m.	19,0-20,0	0-10	18-23	50-90	8-12
<b>Unità B - ArCm</b> - Argille a palombini con blocchi e lenti ofioliti. Formazione argillitico-marnosa con livelli arenitici e calcarei. Formazione maggiormente compatta e dal basso livello di alterazione. Spessori variabili tra 10-35m.	19,0-20,0	5-25	19-26	120-180	10-25

Tabella 1: Parametri geotecnici

#### 3.2 PRESENZA DI FALDA

Seppur non si individuano acquiferi veri e propri, si riscontra la presenza di fenomeni di circolazione idrica superficiale localizzati all'interno dei livelli più alterati e disomogenei, caratterizzati da maggiore permeabilità macrostrutturale o per fratturazione. Tale circolazione interessa verosimilmente gli strati più superficiali con soggiacenze a carattere stagionale stimabili nell'ordine di qualche metro da piano campagna. Allo stato attuale, sulla base di dati disponibili, non è possibile caratterizzare in modo appropriato tali fenomeni. Un'accurata valutazione potrà essere effettuata rispetto ai dati relativi alle indagini geognostiche e monitoraggio geotecnico propedeutiche alla progettazione esecutiva.

## 4. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

### 4.1 CRITERI DI CALCOLO

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008, pubblicato sul supplemento ordinario n. 30 alla Gazzetta ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, le verifiche a collasso per carico limite del complesso terreno-fondazione, sono state effettuate secondo l'approccio 2 delle norme summenzionate.

In particolare le verifiche sono state eseguite facendo riferimento alla seguente combinazione:

$$A1 + M1 + R3$$

dove:

A1 = combinazione delle azioni esterne ottenuta attraverso opportuni coefficienti parziali dei carichi  $\gamma_F / \gamma_G$ ;

M1 = l'insieme dei coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici del terreno;

R3 = l'insieme dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alla resistenza caratteristica  $R_k$  per ottenere la resistenza geotecnica di progetto.

Secondo tale approccio le verifiche risultano soddisfatte se è verificata la seguente disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'azione;

$R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Il valore di progetto dell'azione  $E_d$  e della resistenza  $R_d$  vengono ottenuti amplificando – nel caso dell'azione – e abbattendo – nel caso delle resistenze – i rispettivi valori caratteristici attraverso i coefficienti prima descritti e riportati nelle seguenti tabelle:

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1	1
	sfavorevole		1.1	1.3	1
permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevole	$\gamma_{G2}$	0	0	0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0	0	0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

*(1) nel caso di permanenti strutturali (ad esempio permanenti portati) compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.*

Tabella 2: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto dei carichi (tab. 6.2.1 ntc08)

Parametro	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.0	1.0

Tabella 3: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (tab. 6.2.11 ntc08)

Verifica	R3
Capacità portante	2.3
Scorrimento	1.1

Tabella 4: Coefficienti parziali R3 per le fondazioni superficiali

In particolare, seguendo l'approccio 2, per i parametri del terreno si utilizzano i coefficienti della colonna (M1).

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte secondo i criteri previsti per la stabilità dei pendii naturali e delle opere in materiali sciolti e fronti di scavo (par. 6.3-6.8 NTC 08).

#### 4.2 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO

La verifica a collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è stata eseguita, con riferimento all'Approccio 2 delle NTC08, applicando i fattori correttivi secondo la combinazione A1+M1+R3, e verificando il soddisfacimento della disequazione:

$$\frac{q_{\text{lim}}}{\sigma_{\text{max}}} \leq \gamma_{R3}$$

dove:

$q_{\text{lim}}$  è il carico limite del complesso fondazione-terreno;

$\sigma_{\text{max}}$  è la pressione massima agente sul terreno;

$\gamma_{R3}$  è il coefficiente parziale previsto dalle NTC08.

Il calcolo del carico limite verticale delle fondazioni, ipotizzate ad oggi come fondazioni superficiali (plinti, travi e platee) viene effettuato secondo il metodo proposto da Terzaghi:

$$q_{\text{lim}} = N_q \cdot \gamma_1 \cdot D \cdot s_q \cdot d_q \cdot \chi_q \cdot \beta_q \cdot \gamma_q + N_c \cdot c \cdot s_c \cdot d_c \cdot \chi_c \cdot \beta_c \cdot \gamma_c + N_{\gamma} \cdot \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot \chi_{\gamma} \cdot \beta_{\gamma} \cdot \gamma_{\gamma}$$

dove:

$q_{lim}$  = è il carico limite del complesso terreno-fondazione;  
 $N_q, N_c, N_v$  = coefficienti di carico limite dipendenti dalla natura dei terreni;  
 $\gamma_1$  e  $\gamma_2$  = peso specifico dei terreni al di sopra e al di sotto del piano di posa;  
 $D$  = approfondimento del piano di posa;  
 $c$  = coesione del terreno;  
 $B$  = larghezza della fondazione;  
 $s_q, s_c, s_v$  = fattori di forma della fondazione;  
 $\chi_q, \chi_c, \chi_v$  = fattori correttivi funzione dell'inclinazione del carico;  
 $\beta_q, \beta_c, \beta_v$  = fattori correttivi funzione dell'inclinazione del piano campagna;  
 $\gamma_q, \gamma_c, \gamma_v$  = fattori correttivi funzione dell'inclinazione del piano di posa.

#### 4.2.1 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Rispetto ai principali manufatti dell'Impianto, tenuto conto delle geometrie di massima degli apparati fondali, è stata effettuata una valutazione del carico limite nell'ipotesi di fondazioni superficiali. Si riportano di seguito la sintesi dei risultati ottenuti, demandando agli specifici elaborati grafici per quanto attiene alle geometrie di ciascun manufatto.

Opera	$Q_{lim}$
	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Turbina/Generatore	2.54
Vaporizzatore – appoggio scorrevole	2.18
Vaporizzatore – appoggio fisso	2.18
Condensatore – appoggio scorrevole	2.20
Condensatore – appoggio fisso	2.20
Separatore (v101)	1.01
Accumulatore	1.61
Separatore (v103)	2.12
Air cooled	1.46
Gruppo accumulatori	1.90
Serbatoi – appoggio scorrevole	2.18
Serbatoi – appoggio fisso	2.18
V-401, v-402, v-403, p-401a/b	1.28
Air cooler	1.46
Gruppo oleodinamico	1.26
Raffreddamento lubrificanti	1.40
Compressore	2.28
Cabina di controllo	1.09
Cabina elettrica	1.10
Piattaforma lubrificanti	1.47
Gruppo di compressione e filtraggio	1.40

Tabella 5: Tabella riepilogativo del carico limite



In base alle azioni stimate in via preliminare, i carichi in fondazione risultano generalmente inferiori a quelli riportati sopra, pertanto, rispetto ai dati disponibili, è possibile valutare fondazioni di tipo superficiale.