



# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA PROVINCE DI NUORO E SASSARI



COMUNE DI BITTI



COMUNE DI OSIDDA



COMUNE DI BUDDUSO



## PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "BITTI - AREA PIP"

Potenza complessiva 56 MW

### PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

PA - R.10

### CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE

COMMITTENTE

**GREEN  
ENERGY  
SARDEGNA 2  
S.r.l.**

**Piazza del Grano 3  
39100 Bolzano, Italia**

### GRUPPO DI LAVORO

Progettazione e coordinamento:  
I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.  
Dott. Ing. Giuseppe Frongia



Gruppo di progettazione:  
Ing. Giuseppe Frongia  
Ing. Marianna Barbarino  
Ing. Enrica Batzella  
Dott. Andrea Cappai  
Ing. Gianfranco Corda  
Ing. Antonio Dedoni  
Ing. Gianluca Melis  
Ing. Emanuela Spiga



Consulenze specialistiche:  
Dott. Mauro Casti (Flora e vegetazione)  
Dott. Marco Cocco (Pedologia)  
Ing. Antonio Dedoni (Acustica)  
Dott. Maurizio Medda (Fauna)  
Dott. Matteo Tatti (Archeologia)  
Dott. Geol. Mauro Pompei (Geologia e geotecnica)  
Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (Geologia e geotecnica)

SCALA:

FIRME





Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione	IAT	GF	GES2	Agosto 2020

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 2di 20	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ASPETTI GENERALI.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Modello geotecnico di riferimento.....</b>	<b>7</b>
	<i>Unità A – Suoli detritici eluvio-colluviali, spessore medio pari a 0,50 m.....</i>	<i>7</i>
	<i>Peso specifico = 17,00-17,50 kN/m<sup>3</sup>.....</i>	<i>7</i>
	<i>Unità B – Coltre di alterazione eluviale.....</i>	<i>7</i>
	<i>Unità C – Roccia in posto.....</i>	<i>7</i>
<b>4.2</b>	<b>Stratigrafia di progetto .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CARICHI DI PROGETTO.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>VERIFICA STABILITA' GLOBALE (EQU).....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>VERIFICA DI RESISTENZA DELLA FONDAZIONE (STR) .....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO (GEO).....</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>20</b>

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	 <b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.l.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b>  3di 20	



## 1 PREMESSA

Il presente elaborato contiene i calcoli preliminari delle strutture di fondazione degli aerogeneratori previsti nel progetto del Parco eolico denominato *Bitti – Area PIP*, proposto dalla società Green Energy Sardegna 2 – Gruppo Fri-EI Green Power, da installarsi in comune di Bitti (NU); in particolare saranno condotte le verifiche strutturali ritenute significative ai fini del conseguimento dell’Autorizzazione Unica del progetto ai sensi del D.Lgs. 387/2003 Art. 12.

Il documento è redatto dalla I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con il contributo specialistico dell’ing. Gianfranco Corda.

Per le finalità di calcolo, si è fatto riferimento ai dati di caratterizzazione delle terre contenuti nella relazione geologica e geotecnica allegata al progetto dell’impianto.

Le verifiche strutturali per il plinto di fondazione sono basate sulle azioni di progetto indicate dal costruttore Siemens Gamesa per il modello SG 6.0-170, altezza al mozzo pari a 115 m; le azioni di progetto sono state desunte dallo specifico fascicolo sui carichi in fondazione fornito dal costruttore, documento "Foundation Load T115-50A, SG 6.0-170".

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 4di 20

## 2 ASPETTI GENERALI

il progetto proposto prevede l'installazione di n. 11 turbine di grande taglia, posizionate su torri di sostegno metalliche dell'altezza indicativa di 115 m, nonché l'approntamento delle opere accessorie indispensabili per un ottimale funzionamento e gestione degli aerogeneratori (viabilità e piazzole di servizio, distribuzione elettrica di impianto, stazione di trasformazione MT/AT e opere per la successiva immissione dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale). La potenza nominale complessiva del parco eolico sarà di 56 MW, con potenza dei singoli aerogeneratori limitata a 5.09 MW, in accordo con la soluzione di connessione impartita da Terna.

Gli aerogeneratori in progetto saranno dislocati tra quote altimetriche indicativamente comprese nell'intervallo 710÷820 m s.l.m.

Ai fini delle presenti verifiche strutturali sono state assunte come riferimento le azioni agenti sulla fondazione riferite alla turbina eolica Siemens – Gamesa 6.0 – 170, di caratteristiche assimilabili all'aerogeneratore previsto in progetto. Per le verifiche preliminari sulle strutture di fondazione sono state considerate le azioni massime fornite dal costruttore nel documento "Foundation Load T115-50A, SG 6.0-170".

Ferme restando le caratteristiche dimensionali dell'aerogeneratore, non può escludersi peraltro che la scelta definitiva possa ricadere su un modello simile con migliori prestazioni di esercizio, qualora disponibile sul mercato prima dell'ottenimento della Autorizzazione Unica di cui all'art. 12 del D.Lgs. 387/2003.

La natura dei terreni di sedime è caratterizzata dalla presenza di rocce compatte con proprietà meccaniche elevate, sormontate localmente da uno spessore di alterazione corticale pari a 50 - 100 cm di profondità.



La tipologia dei terreni è dunque idonea per la realizzazione di fondazioni dirette, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri puntuali in tutte le postazioni eoliche, attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geotecniche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase di progettazione esecutiva.

Il basamento di fondazione previsto in progetto è del tipo a plinto superficiale, da realizzare in opera in calcestruzzo armato, a pianta circolare di diametro pari a 30 metri.

La fondazione oggetto di verifica è sostanzialmente una piastra circolare a sezione variabile con spessore massimo al centro, pari a circa 320 cm, e spessore minimo al bordo, pari a 100 cm.

La porzione centrale, denominata "colletto", presenta altezza costante di 3.20 m per un diametro pari a circa 6.00 m.

Il colletto è il nucleo del basamento in cui verranno posizionati i tirafondi di ancoraggio del primo anello della torre metallica, il restante settore circolare sarà ricoperto con uno strato orizzontale di rilevato misto arido, con funzione stabilizzante e di mascheramento.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 5 di 20	



I calcoli e le verifiche di seguito illustrati saranno preceduti da un breve cenno ai riferimenti della normativa vigente nonché alle azioni ed ai carichi di progetto.

Nello specifico sono stati condotti i seguenti accertamenti: verifica di stabilità globale del manufatto, considerato come corpo rigido, verifiche di resistenza del manufatto in calcestruzzo, verifiche di resistenza del terreno nonché il calcolo dei cedimenti attesi, applicando i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa tecnica in corso di validità (DM 17/01/2018).

Le significative azioni orizzontali e flettenti, dovute alla particolare altezza delle torri in progetto, indirizzano il dimensionamento della fondazione ad un manufatto massivo tale da garantire anzitutto la stabilità globale oltre che a distribuire i carichi sul piano di posa.

Le pressioni di contatto calcolate risultano sempre inferiori al valore di resistenza del terreno, i cedimenti previsti sono generalmente trascurabili.

Il dimensionamento eseguito ha carattere di verifica preliminare, la geometria e le dimensioni del plinto indicate in precedenza sono da ritenersi orientative e potrebbero variare a seguito delle risultanze del dimensionamento esecutivo delle opere nonché sulla base di eventuali indicazioni specifiche fornite dal costruttore dell'aerogeneratore, in funzione della scelta definitiva del modello di turbina che sarà operata nell'ambito della fase di Autorizzazione Unica del progetto.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 6di 20	

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 05/11/1971 n. 1086

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- D.M. 17/01/2018 – NTC 2018

Norme Tecniche per le Costruzioni.

- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 23/02/2019

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

#### **Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento:**

Tipo di costruzione: 2 (opere ordinarie)

Vita nominale:  $V_N \geq 50$  anni



Classe d'uso: IV

Periodo di riferimento:  $V_R = 100$  anni

#### **Metodo di calcolo e verifica:**

E' stato utilizzato il metodo degli Stati Limite applicandolo così come previsto dalle NTC 2018 (D.M. 17/01/2018).

I calcoli e le verifiche sono stati eseguiti utilizzando il programma di calcolo strutturale CDSWIN della STS, programma di calcolo automatico agli elementi finiti, e il programma di calcolo geotecnico LoadCap della GEOSTRU.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 7 di 20	

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

### 4.1 Modello geotecnico di riferimento

I calcoli strutturali delle fondazioni fanno riferimento ai dati contenuti nella relazione geologica e geotecnica preliminare redatta dai Geologi Maria Francesca Lobina e Mauro Pompei.

A fronte della significativa estensione del sito, emerge come gli areali che ospiteranno le opere in progetto siano caratterizzati dalla presenza predominante di substrati rocciosi coperti da una coltre detritica eluvio colluviale discontinua e di spessore sub-metrico.

Salvo gli opportuni ed obbligatori accertamenti nella fase più avanzata della progettazione, i Geologi hanno individuato tre distinte tipologie di terreni direttamente interagenti con le strutture di fondazione e per le quali ha fornito le caratteristiche meccaniche.

#### **Unità A** – Suoli detritici eluvio-colluviali, spessore medio pari a 0,50 m

Peso specifico = 17,00-17,50 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi$  = 27-28°

Modulo elastico E = 80-100 daN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 0.00 - 0.10 daN/cm<sup>2</sup>

#### **Unità B** – Coltre di alterazione eluviale

Peso specifico = 18,00-18,50 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi$  = 30-32°

Modulo elastico E = 200 - 250 daN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 0.10 - 0.20 daN/cm<sup>2</sup>



#### **Unità C** – Roccia in posto

Peso specifico = 20,00-21,00 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi$  = 32-36°

Modulo elastico E = 3500 - 4500 daN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 0.10 - 0.20 daN/cm<sup>2</sup>

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PA-R.10
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b>  8di 20	

## 4.2 Stratigrafia di progetto

La stratigrafia considerata nel calcolo preliminare delle opere di fondazione è stata valutata considerando i valori più cautelativi della caratterizzazione meccanica delle rocce sul posto (Unità C), considerando che gli strati superficiali saranno rimossi dalle attività di scavo; si rimanda alle successive fasi la valutazione dei dati puntuali per ogni singola piazzola di installazione.

Peso specifico = 20,00 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi = 32^\circ$

Modulo elastico E = 3500 daN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 0.10 daN/cm<sup>2</sup>

Per i terreni indagati i Geologi hanno definito l'appartenenza alla categoria di sottosuolo di tipo "A" ovvero "ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi".

In ultimo, i Geologi riferiscono che ferma restando la necessità di supportare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite *ad hoc*, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di 2,5 daN/cm<sup>2</sup>, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile o comunque pregiudizievoli per la stabilità delle strutture in progetto.

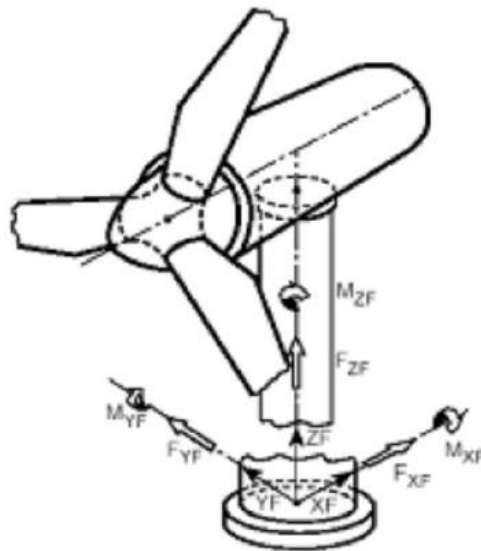


<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	<b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.l.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 9di 20

## 5 CARICHI DI PROGETTO

Per la definizione delle azioni di progetto al piede della torre si è fatto riferimento ai dati contenuti nelle specifiche tecniche SIEMENS Gamesa, di cui al documento:

SG 6.0-170 Foundation Loads – T115-50A - D2370721/004



XF horizontal  
ZF vertically upwards in direction of the tower axis  
YF horizontally sideways, so that XF, YF, ZF rotate clockwise

**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY



SG 6.0-170 Foundation loads T115-50A  
D2370721 / 004

2020-04-24

Load case	Load factor	$F_x$ (kN)	$F_y$ (kN)	$F_z$ (kN)	$F_{xy}$ (kN)	$M_x$ (kNm)	$M_y$ (kNm)	$M_z$ (kNm)	$M_{xy}$ (kNm)
Dlc22_3bn_V11.0_n_s7	1,1	1688,55	55,55	-7508,71	1689,47	4580,25	196184,46	412,39	<b>196237,91</b>
Dlc22_3bn_V11.0_n_s7	1.0	1535,05	50,5	-6826,1	1535,88	4163,87	178349,5	374,9	<b>178398,1</b>

Table 3 SG 6.0-170 HH115m Factored/Unfactored Extreme loads at tower bottom

Nella tabella precedente sono definite le azioni caratteristiche dei carichi massimi al piede della torre, tali valori verranno utilizzati per le verifiche allo stato limite ultimo con i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa italiana, il DM 17/01/2018.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 10di 20

I carichi riportati in tabella sono i carichi massimi in condizioni estreme (*extreme loads*), calcolati per le specifiche condizioni climatiche riportate nella tabella seguente.

Description	Unit	Value	Value
Design code	-	IEC-61400-1 Ed3	IEC-61400-1 Ed3
IEC Class	-	3A	3B
Design life time according to IEC	years	20	25
Annual average wind speed at hub height, $V_{ave}$	m/s	7.5	7.5
Extreme wind speed at hub height (10-min with 50 years return period), $V_{ref}$	m/s	37.5	37.5
Mean turbulence intensity at 15 m/s, $I_{ref}$	-	0.16	0.14
Average air density, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1.225	1.225

Table 1 Design code information and climatic conditions

Le predette condizioni climatiche utilizzate dal Costruttore per il calcolo dei carichi estremi al piede della torre sono da considerare quale condizione limite per poter installare questo modello di torre nel sito in progetto.

È dunque necessario verificare la compatibilità tra le condizioni climatiche previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il sito di installazione e quelle limite specificate dal Costruttore.

In particolare, è necessario verificare che la velocità massima del vento prevista dalla normativa vigente per il sito in progetto sia almeno inferiore a quella prevista nella tabella precedente:

Art. 3.3 D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) - Azioni del Vento

Sito installazione: regione Sardegna - provincia Sassari - comune Bitti

$$a_s = 820 \text{ m s.l.m.m.} \quad a_{s, \max} = a_s + 200 \text{ (diametro rotore)} = 1.020 \text{ m}$$

Zona Climatica di riferimento = 5

$$a_0 = 750 \text{ m} \quad v_{b,0} = 28 \text{ m/s} \quad k_s = 0.40$$

$$\text{per } a_s > a_0 \quad v_b = v_{b,0} \times c_a \quad c_a = 1 + k_s (a_{s, \max} / a_0 - 1) \quad c_a = 1.144$$


Velocità massima di riferimento indicata dalle NTC 2018 (10 min, 50 anni  $T_r$ ):

$$v_b = 32.03 \text{ m/s}$$

Velocità massima indicata dal produttore (10 min, 50 anni  $T_r$ ):

$$V_{ref} = 37.5 \text{ m/s}$$

La velocità massima indicata dal Costruttore è superiore a quella prevista dalla normativa vigente per il sito in progetto, la verifica di compatibilità è dunque soddisfatta.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	<b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.L.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b>  11 di 20

## 6 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (EQU)

Si conducono nel seguito le verifiche di stabilità globale del basamento di fondazione, con riferimento alle azioni di progetto precedentemente indicate.

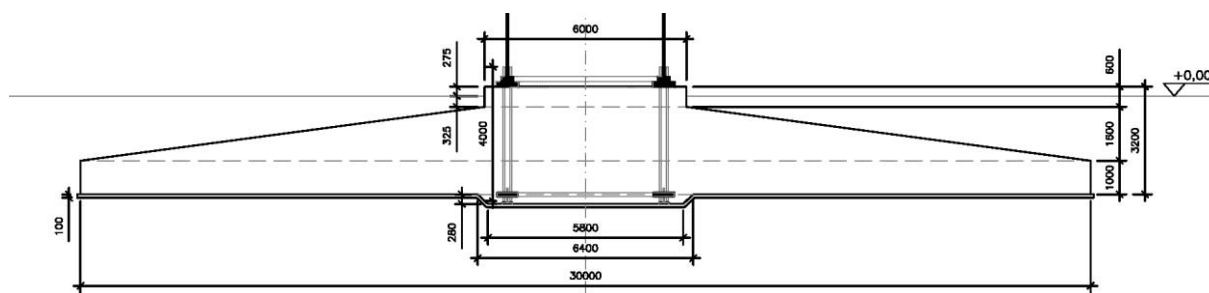


Figura 6.1 - Schema sezione basamento di fondazione

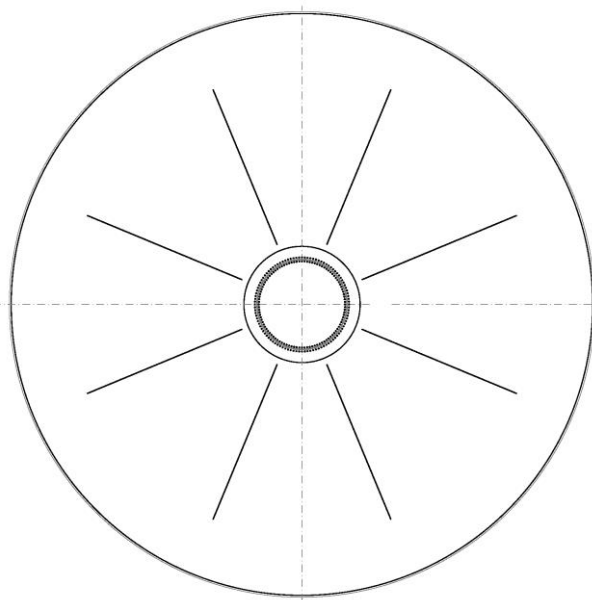


Figura 6.2 - Schema pianta basamento di fondazione



diametro esterno  $d_1 = 30.00$  m

diametro colletto  $d_2 = 6.00$  m

altezza colletto  $h_1 = 3.20$  m

altezza massima  $h_2 = 2.60$  m

altezza minima  $h_3 = 1.00$  m

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 12di 20	

## A - VERIFICA AL RIBALTAMENTO

$\gamma_{G1} = 0.90$	$\gamma_{G2} = 0$	$\gamma_q = 1.50$
----------------------	-------------------	-------------------

### CARICHI VERTICALI

Peso del basamento

$$G_1 = 22 \times \pi \times (d_1^2 \times h_3 + (d_1^2 + d_2^2 + d_1 \times d_2) \times (h_2 - h_3)/3 + d_2^2 \times (h_1 - h_2)) / 4 = 26.195 \text{ kN}$$

Peso del terreno di ricoprimento

$$G_2 = 18 \times \pi \times (d_1^2 \times (h_2 - h_3) - (d_1^2 + d_2^2 + d_1 \times d_2) \times (h_2 - h_3)/3) / 4 = 11.940 \text{ kN}$$

Peso della torre

$$V = 6.826 \text{ kN}$$

### AZIONI PER LA CONDIZIONE DI CARICO EQU

(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento - senza coefficienti parziali)

$G_1 = 26.195 \text{ kN}$	$G_2 = 11.940 \text{ kN}$
---------------------------	---------------------------

(momento flettente + azione orizzontale al piede della torre + peso permanente torre – senza coefficienti parziali)

$M = 178.400 \text{ kNm}$	$H = 1.536 \text{ kN}$	$V = 6.826 \text{ kN}$
---------------------------	------------------------	------------------------

### MOMENTO STABILIZZANTE



$$M_{STA} = (0.9 \times G_1 + 0 \times G_2 + 0.9 \times V) \times 15 = 445.780 \text{ kNm}$$

### MOMENTO RIBALTANTE

$$M_{RIB} = \gamma_q \times (M + H \times 4) = 1.5 \times (178.400 + 6.144) = 276.816 \text{ kNm}$$

Coefficiente di sicurezza:

$$M_{STA} / M_{RIB} = 1.61$$

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 13di 20	

Verifica soddisfatta senza considerare il peso stabilizzante del rilevato.

## B – VERIFICA SCORRIMENTO

$\gamma_{G1} = 0.90$	$\gamma_{G2} = 0$	$\gamma_q = 1.50$
----------------------	-------------------	-------------------

Risultante forze che attivano lo scorrimento:

$$H = 1.536 \text{ kN}$$

$$F_{scr} = \gamma_q \times H = 2.304 \text{ kN}$$

Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:

Peso della torre

$$V = 6.826 \text{ kN}$$

Peso del basamento

$$G_1 = 26.195 \text{ kN}$$

Angolo di attrito terreno/fondazione

$$\varphi = 32^\circ$$



$$\varphi' = 0.5 \varphi$$

$$F_{sta} = \gamma_{G1} \times \tan \varphi' \times (G_1 + V) = 8.521 \text{ kN}$$

Coefficiente di sicurezza:

$$F_{sta} / F_{scr} = 3.70$$

Verifica soddisfatta senza considerare il peso stabilizzante del rilevato.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 14di 20	

## 7 VERIFICA DI RESISTENZA DELLA FONDAZIONE (STR)

Si riportano nel seguito i risultati di calcolo del modello strutturale, realizzato discretizzando il basamento in elementi finiti di sezione variabile, e verificando le sezioni in c.a.

La fondazione è stata verificata con riferimento alla stratigrafia di progetto, considerando la Categoria di sottosuolo A ed una costante di winkler pari a 10 kg/cm<sup>3</sup>.

### COMBINAZIONE DI CARICO 1 – (SLE)

(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento - senza coefficienti parziali)

$G_1 = 26.195 \text{ kN}$	$G_2 = 11.940 \text{ kN}$
---------------------------	---------------------------

### COMBINAZIONE DI CARICO 2 – (SLE)

(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento + azioni dalla Torre - senza coefficienti parziali)

$G_1 = 26.195 \text{ kN}$	$G_2 = 11.940 \text{ kN}$	$V = 6.826 \text{ kN}$
$M_F = 178.400 \text{ kNm}$	$H = 1.536 \text{ kN}$	$M_T = 375 \text{ kNm}$

### COMBINAZIONE DI CARICO 3 – (SLU)

(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento + azioni dalla Torre - con i coefficienti parziali)

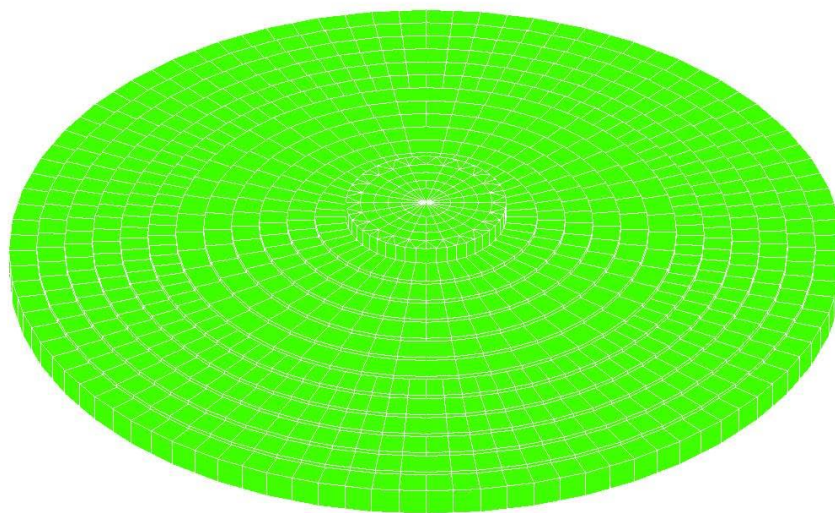
$G_1 = \gamma_{G1} \times 26.195 \text{ kN}$	$G_2 = \gamma_{G2} \times 11.940 \text{ kN}$	$V = \gamma_{G2} \times 6.826 \text{ kN}$
$M = \gamma_q \times 178.400 \text{ kNm}$	$H = \gamma_q \times 1.536 \text{ kN}$	$M_T = \gamma_q \times 375 \text{ kNm}$

$\gamma_{G1} = 1.3$	$\gamma_{G2} = 1.5$	$\gamma_q = 1.50$
---------------------	---------------------	-------------------

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	<b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.l.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b>  15di 20	

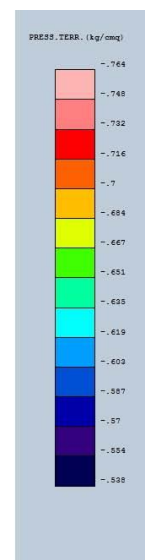
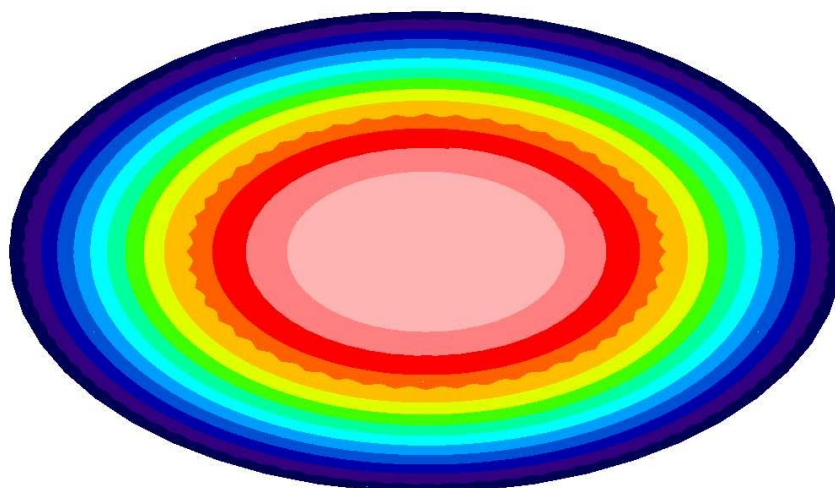
## FONDAZIONE TIPO

### COLORMAP VERIFICHE ELEMENTI SHELL



## PRESSIONI DI CONTATTO

### COMBINAZIONE 1 - COLORMAP PRESSIONI DI CONTATTO

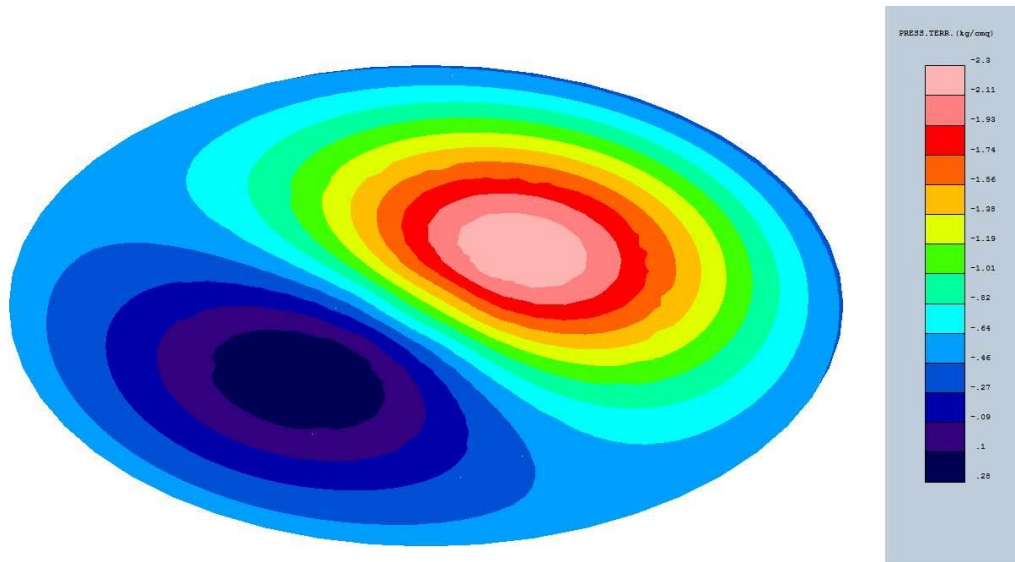




<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	<b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.L.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b>  16di 20	

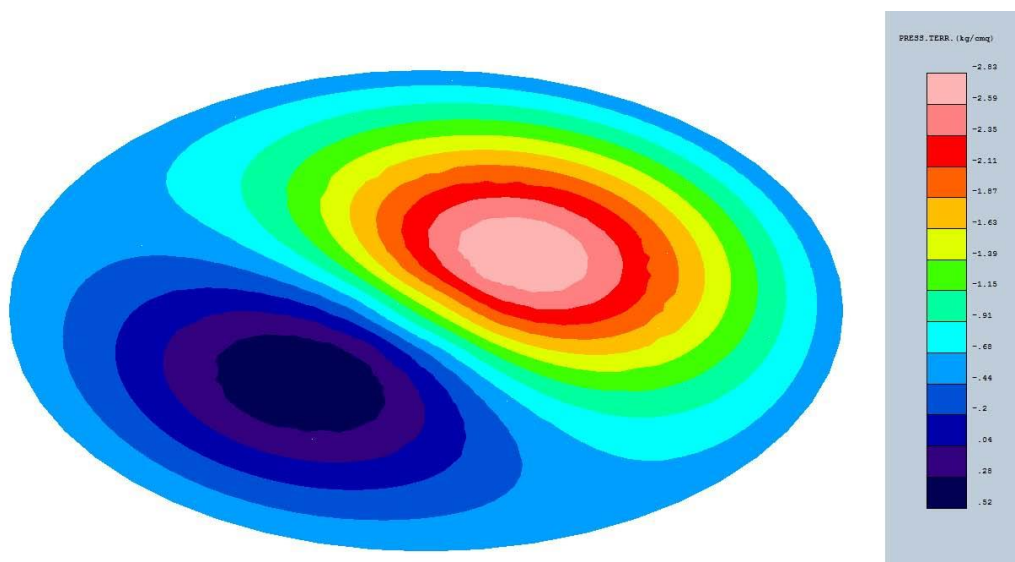
Pressione di contatto SLE:  $\sigma_{per} = 0.76 \text{ kg/cm}^2$

COMBINAZIONE 2 (SLE) - COLORMAP PRESSIONI DI CONTATTO



Pressione di contatto SLE:  $\sigma_{es} = 2.30 \text{ kg/cm}^2$

COMBINAZIONE 3 (SLU GEO) - COLORMAP PRESSIONI DI CONTATTO



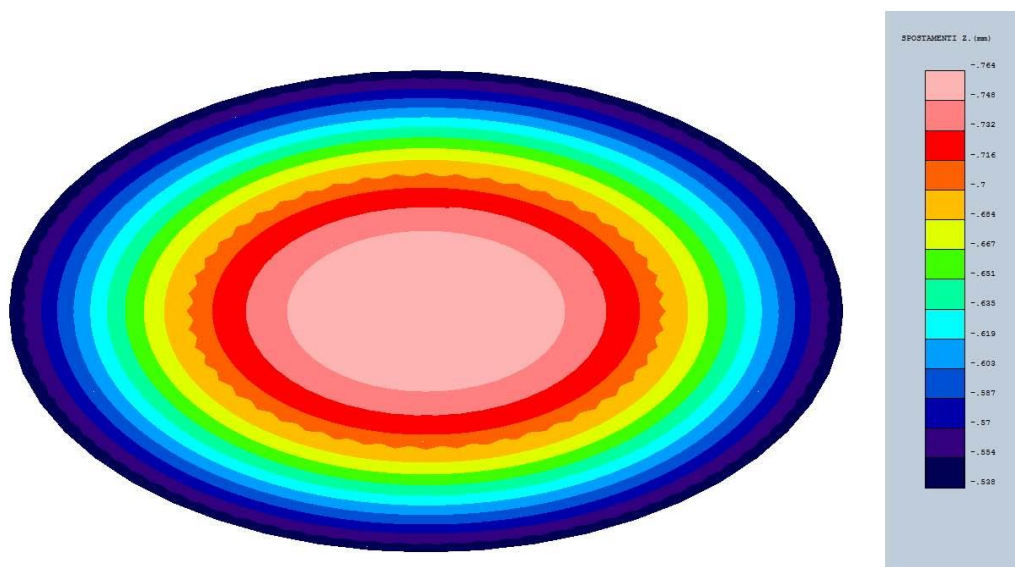


<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	<b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.L.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 17di 20	

Pressione di contatto SLU GEO:  $\sigma_{\max} = 2.83 \text{ kg/cm}^2$


**CEDIMENTI ATTESI**

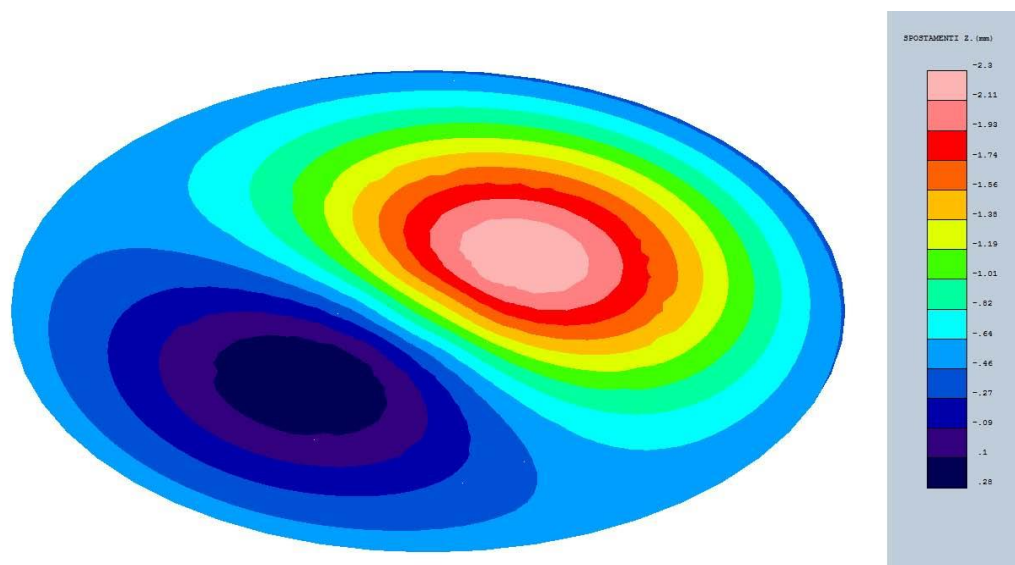
COMBINAZIONE 1 (SLE) - COLORMAP SPOSTAMENTI VERTICALI





Spostamento massimo:  $w_1 = 0.76 \text{ mm}$

COMBINAZIONE 2 (SLE) - COLORMAP SPOSTAMENTI VERTICALI

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	<b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.l.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b>  18di 20	

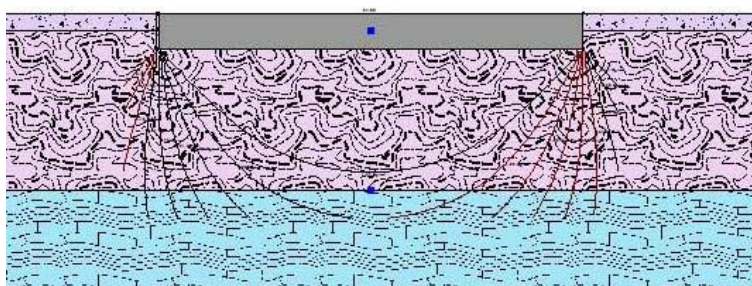


Spostamento massimo:  $w_{es} = 2.30 \text{ mm}$

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PA-R.10
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 19di 20

## 8 VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO (GEO)

Le verifiche geotecniche sono state condotte con l'ausilio del software LoadCap 2020, programma di verifiche geotecniche per fondazioni superficiali.





### DATI GENERALI

```
=====
```

Diametro della fondazione	30.0 m
Profondità piano di posa	2.0 m
Altezza di incastro	1.0 m
Pressione massima sul terreno	2.83 kg/cm <sup>2</sup>
Cedimento massimo atteso	2.30 mm

```
=====
```

La presenza del substrato roccioso offre una resistenza di progetto molto alta, i cedimenti massimi sono trascurabili.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	 <b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.l.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PA-R.10
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b>  20di 20

## 9 CONCLUSIONI

Il presente elaborato riporta le risultanze dei calcoli preliminari delle strutture di fondazione degli aerogeneratori componenti il parco eolico denominato *Bitti – Area PIP*, da installarsi in comune di Bitti (NU), proposto dalla Green Energy Sardegna 2 (Gruppo Fri-El Green Power)

Con riferimento ai carichi di progetto, alla caratterizzazione geotecnica preliminare nonché ai risultati delle verifiche di stabilità, resistenza delle strutture e del terreno di fondazione, si può riassumere quanto segue:

- nei siti di installazione degli aerogeneratori in progetto è stata verificata una fondazione diretta a pianta circolare, avente diametro di 30 m e spessore massimo pari a circa 3.20 metri;
- la presenza di un substrato roccioso offre una resistenza di progetto molto elevata ed i cedimenti massimi sono trascurabili;
- nei siti di installazione in cui, nell’ambito delle indagini geologiche e geotecniche da condursi nella fase più avanzata della progettazione, fosse rinvenuta, alla quota di posa del basamento, la presenza di materiale poco addensato di spessore superiore alla coltre di coltivo ipotizzata, la profondità di scavo dovrà essere opportunamente incrementata e la quota ottimale di posa potrà essere recuperata con calcestruzzo magro dello spessore necessario (50÷100 cm).

Nelle fasi più avanzate della progettazione, pertanto, sarà indispensabile disporre di dati geotecnici specifici per ogni singola postazione eolica al fine di confermare o, se necessario, variare le previsioni ed i calcoli qui riportati in via preliminare.