



PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

Località "Valle Castagna, Valle Cornuta, Mezzana del Cantone"
Comune di Montemilone (PZ)



A.11 RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE - FONDAZIONI

Cliente/Customer			Commessa/Job		Emesso da	
<u>MILONIA S.R.L.</u>			98102			
02	17/07/2017	REVISIONE	Ing. G. Miglio	Ing. G. Miglio	Ing. G. Miglio	
01	30/11/2012	REVISIONE	Ing. S. Casareale	Ing. S. Casareale	Ing. A. Sammartano	
00	07/01/2010	EMISSIONE	Ing. E. Tremamunno	Ing. E. Tremamunno	Ing. V. Mastrangelo	
Rev	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato	
			Autorizzazione Emissione			

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	2 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

SOMMARIO

1	OGGETTO DEL DOCUMENTO	3
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
2.1	DESCRIZIONE GENERALE DEL PARCO	3
2.2	DESCRIZIONE DELL'AEROGENERATORE	4
2.3	DESCRIZIONE GEOMETRIA FONDAZIONE	4
2.4	DESCRIZIONE DEI LAVORI.....	7
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
4	MATERIALI PREVISTI E RESISTENZE DI CALCOLO	9
4.1	CALCESTRUZZO	9
4.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	9
4.3	MATERIALE DI RIEMPIMENTO	9
5	MEDODO DI CALCOLO.....	10
5.1	VERIFICHE DI STABILITÀ.....	10
5.2	VERIFICA DELLA RESISTENZA STRUTTURALE	11
5.3	COEFFICIENTI DI SICUREZZA	11
5.4	DATI DEL TERRENO.....	12
5.5	AZIONI SULLE FONDAZIONI.....	14
5.6	AZIONI SISMICHE.....	19
5.7	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	20
6	PROGRAMMA DI CALCOLO.....	24
6.1	RICHIAMI TEORICI - METODI DI ANALISI	24
6.2	IMPOSTAZIONI DI ANALISI.....	29
6.3	MODELLO	29
7	RISULTATI ANALISI STRUTTURALE	31
7.1	PRESSIONI AL SUOLO.....	31
7.2	SPOSTAMENTI	35
	CEDIMENTI ASSOLUTI.....	36
	CEDIMENTI DIFFERENZIALI.....	36
	SPOSTAMENTI VERTICALI	37
	SPOSTAMENTI DIREZIONE X	37
	SPOSTAMENTI DIREZIONE Y	38
7.3	SOLLECITAZIONI	39
7.4	INVILUPPI VERIFICHE STRUTTURALI	43
8	RISULTATI PIASTRA DI FONDAZIONE.....	46
8.1	CARICHI	46
8.2	PORTANZA.....	46
8.3	SCORRIMENTO	46
8.4	SCORRIMENTO	47
9	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE.....	48
9.1	TIPO DI ANALISI SVOLTA	48
9.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	48
9.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	48
9.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	48
9.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE	48
9.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	48
10	ANELLO ANCORAGGIO FORNITI DA SIEMENS.....	49

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	3 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

1 OGGETTO DEL DOCUMENTO

Formano oggetto della presente relazione tecnica preliminare e di calcolo strutturale la descrizione, della fondazione tipo degli aerogeneratori che costituiscono il "Parco Eolico Montemilone (PZ)", localizzato in agro del Comune di Montemilone.

Il presente documento ha come finalità l'esecuzione e lo svolgimento dei calcoli preliminari per la fondazione tipo dell'aerogeneratore da installare nel parco. Con tali calcoli si documenterà il progetto e si potrà determinare sia l'armatura necessaria che il comportamento della fondazione sottoposta alle ipotesi di carico più sfavorevoli, nel rispetto della normativa vigente.

Nella presente relazione e nell'allegato di calcolo corrispondente verranno illustrati i seguenti punti:

- Normativa applicabile.
- Procedimento di calcolo.
- Coefficienti di sicurezza applicati.
- Materiali, valori caratteristici e di calcolo. Coefficienti parziali di sicurezza.
- Azioni sulla fondazione, valori caratteristici e di calcolo.
- Comportamento e risposta degli elementi strutturali.
- Dimensionamento delle armature.

In sede di progettazione esecutiva e costruttiva dovranno essere effettuati gli opportuni approfondimenti per ogni singolo sito degli aspetti geologici e geotecnici per il dimensionamento definitivo della fondazione.

2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

2.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL PARCO

"La presente relazione è relativa esclusivamente alle valutazioni preliminari delle fondazioni degli aerogeneratori contenuta nella proposta della Società MILONIA srl di variante sostanziale al progetto definitivo di costruzione ed esercizio dell'impianto eolico denominato "Parco Eolico Montemilone (PZ)", di potenza massima complessiva non superiore a 60,00 MW elettrici, composta da n.17 aerogeneratori, da localizzarsi nei Comuni di Montemilone (Comune principale di

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	4 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

riferimento, in località “Valle Castagna”, “Valle Cornuta” e “Mezzana del Cantone”), Venosa, Palazzo San Gervasio, Banzi e Genzano di Lucania (tutti in provincia di Potenza). Il progetto definitivo è stato autorizzato con Determinazione Dirigenziale dell’Ufficio Energia della Regione Basilicata n.150C.2014/D.00263 del 07/05/2014.

2.2 DESCRIZIONE DELL’AEROGENERATORE

Gli aerogeneratori sono del tipo sopravvento a passo variabile, con sistema de orientamento attivo e rotore a tre pale realizzate in fibra de carbonio e resina epossidica rinforzata con fibra di vetro. Il rotore utilizza il sistema che ne consente il funzionamento a velocità variabile, ottimizzandone il rendimento.

Gli aerogeneratori sono montati su torri tubolari in acciaio.

Ogni aerogeneratore dispone, all’interno della gondola, di un asse principale che trasmette energia al generatore asincrono tramite il moltiplicatore.

Il trasformatore a media tensione è stato creato specificatamente per essere installato negli aerogeneratori e si trova ubicato nella parte posteriore della gondola. Inoltre, è dotato di un sistema di frenaggio che ferma la rotazione in caso di necessità tramite un giro completo delle pale e l’attivazione del freno di stazionamento idraulico montato sull’asse ad alta velocità del moltiplicatore.

All’interno di ciascuna torre si trovano sia il quadro di potenza e controllo dell’aerogeneratore che le celle di media tensione per la protezione del trasformatore e di entrata e/o uscita dei cavi.

2.3 DESCRIZIONE geometria fondazione

Si tratta di una fondazione superficiale isolata che consiste in un piedistallo metallico che si ancora ad un plinto di base circolare e spessore variabile.

Le dimensioni del plinto e del piedistallo sono le seguenti:

- Diametro della sottofondazione: $L = 30.00$ m
- Diametro della fondazione: $L = 26.00$ m
- Spessore del plinto: $h=1.60 - 4.00$ m
- Diametro fusto: $d_s = 5.50$ m
- Sbalzo massimo: $V_{max} = 10.25$ m

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	5 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

Simbologia adottata

n° Indice tipologia plinto

Descrizione Descrizione tipologia plinto

Forma Forma tipologia plinto (R: Rettangolare, C: Circolare, T: Triangolare, P: Pentagonale, E: Esagonale, D: a Dadi sovrapposti)

B_x Base plinto lungo x, espressa in [m]

B_y Base plinto lungo y, espressa in [m]

H_b Altezza basamento, espressa in [m]

H_t Altezza totale, espressa in [m]

b_x Base colletto lungo x, espressa in [m]

b_y Base colletto lungo y, espressa in [m]

dXc Sfalsamento colletto lungo x, espresso in [m]

dYc Sfalsamento colletto lungo y, espresso in [m]

Bic Indice bicchiere associato al colletto

Mat Indice materiale

n°	Descrizione	Forma	DIAM [m]	H [m]	H _b [m]	H _t [m]	B _c [m]	H _c [m]	dXc [m]	dYc [m]	Bic	Mat
1	FOND. TORRE	C	26.00	---	1.60	4.00	5.50	5.50	0.00	0.00	--	CLS

Geometria

Coordinate contorno esterno

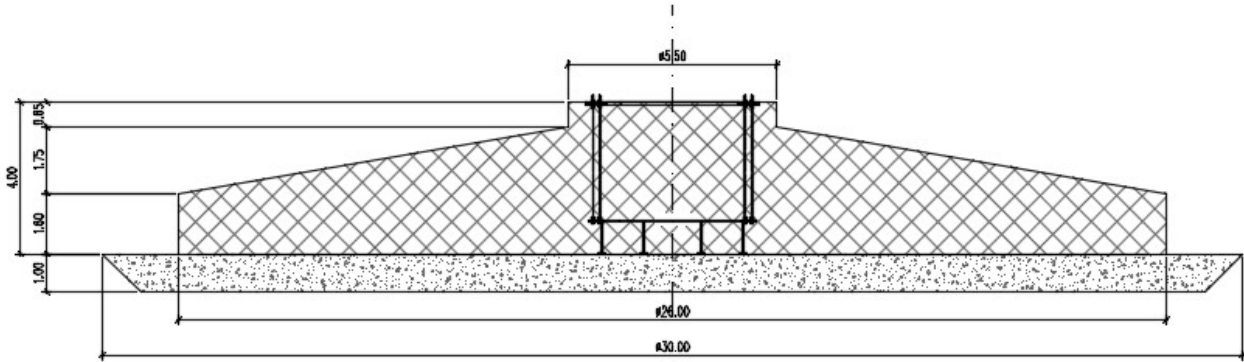
n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
1	26.00	13.00	2	25.94	14.27	3	25.75	15.54	4	25.44	16.77
5	25.01	17.97	6	24.46	19.13	7	23.81	20.22	8	23.05	21.25
9	22.19	22.19	10	21.25	23.05	11	20.22	23.81	12	19.13	24.46
13	17.97	25.01	14	16.77	25.44	15	15.54	25.75	16	14.27	25.94
17	13.00	26.00	18	11.73	25.94	19	10.46	25.75	20	9.23	25.44
21	8.03	25.01	22	6.87	24.46	23	5.78	23.81	24	4.75	23.05
25	3.81	22.19	26	2.95	21.25	27	2.19	20.22	28	1.54	19.13
29	0.99	17.97	30	0.56	16.77	31	0.25	15.54	32	0.06	14.27
33	0.00	13.00	34	0.06	11.73	35	0.25	10.46	36	0.56	9.23
37	0.99	8.03	38	1.54	6.87	39	2.19	5.78	40	2.95	4.75
41	3.81	3.81	42	4.75	2.95	43	5.78	2.19	44	6.87	1.54
45	8.03	0.99	46	9.23	0.56	47	10.46	0.25	48	11.73	0.06
49	13.00	0.00	50	14.27	0.06	51	15.54	0.25	52	16.77	0.56
53	17.97	0.99	54	19.13	1.54	55	20.22	2.19	56	21.25	2.95
57	22.19	3.81	58	23.05	4.75	59	23.81	5.78	60	24.46	6.87
61	25.01	8.03	62	25.44	9.23	63	25.75	10.46	64	25.94	11.73

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
----------	-------	-----------	-----	------------	---------------------

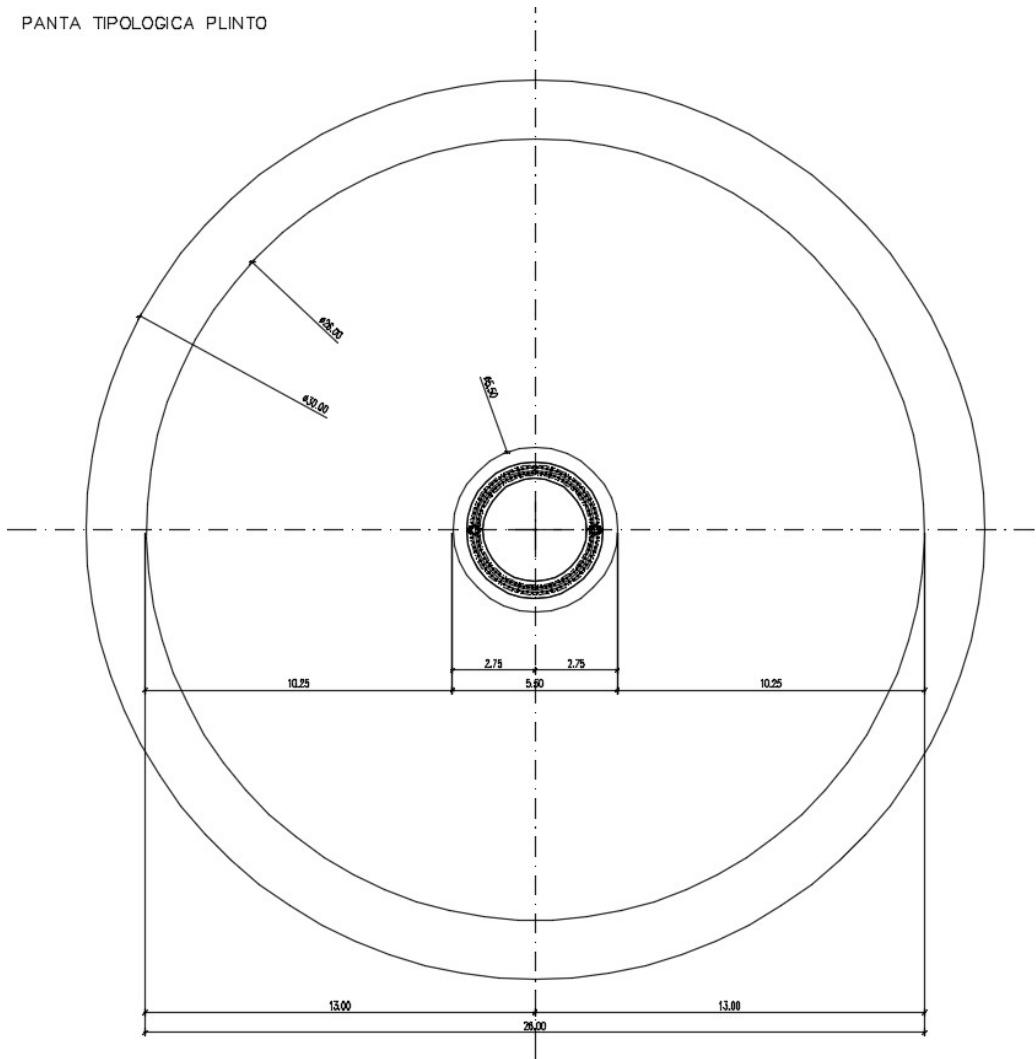
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	6 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	REVISIONE	02
		DATA	17/07/2017

SEZIONE TIPOLOGICA PLINTO



PANTA TIPOLOGICA PLINTO



Commissa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	7 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

Il piedistallo è formato dall'anello di acciaio di ancoraggio inserito nel plinto. Viene parzialmente riempito di calcestruzzo.

Tutte le caratteristiche geometriche menzionate sono consultabili sugli elaborati specifici.

Il tipo di comportamento o meccanismo resistente della fondazione viene definito in base al rapporto tra lo sbalzo massimo e lo spessore del plinto, che in questo caso può essere classificato come plinto flessibile ($V_{max} > 2h$).

2.4 DESCRIZIONE DEI LAVORI

La realizzazione delle fondazioni di ciascuno degli aerogeneratori indicati nel presente progetto richiede una serie di lavori, compresi quelli di sgombero e preparazione del terreno, che possono essere riassunti nei seguenti punti principali:

- Preparazione del terreno.
- Scavo del pozzo.
- Riempimento iniziale con un getto di calcestruzzo magro.

Per realizzarlo, una volta effettuato l'esame visivo da parte del laboratorio di prove tecniche omologato e responsabile dello studio geotecnico, la Direzione Lavori darà subito l'ordine di procedere al getto di calcestruzzo magro.

- Montaggio del cilindro annegato, ancoraggio per la torre dell'aerogeneratore.
- Montaggio dell'armatura. Andranno collocati dei distanziatori sull'armatura inferiore e si dovranno rispettare le dimensioni indicate in pianta.
- Collocazione di tubi passacavi.
- Casseratura (perimetro).
- Getto del calcestruzzo.
- Riempimento del pozzo con materiale adeguato proveniente dallo scavo.

La superficie al di sopra del plinto che circonda la fondazione e quella del perimetro del plinto stesso andranno riempiti con materiale adeguato.

È necessario sottolineare l'importanza di questo terreno di riempimento per il suo contributo stabilizzante nei confronti del ribaltamento del plinto (condizione più critica di ridimensionamento nell'ipotesi di carichi massimi).

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	8 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

Per questo motivo, è essenziale assicurarsi l'impiego di materiale adeguato, realizzando i controlli necessari e verificando con mezzi meccanici che l'estensione e il compattamento siano corretti. I 50 cm superiori dovranno raggiungere una densità secca del 100% rispetto a quella ottenuta durante la prova Proctor di riferimento e del 95% nel resto. Si dovrà verificare che dopo il compattamento ciascuno strato presenti le giuste condizioni di densità.

La fondazione trattata nel presente progetto verrà eseguita minimizzando gli effetti sull'ambiente circostante e sulle aree di nidificazione.

Durante l'esecuzione dei lavori si presterà particolare attenzione alla vegetazione dei rilievi presso cui verranno installati gli aerogeneratori.

Non verranno depositati resti di terreno, suolo o roccia, né resti costruttivi come cemento, tavole, spuntature o ferraglia nell'area occupata dal Parco Eolico.

L'impresa incaricata dei lavori avrà la responsabilità di non abbandonare o versare nessun detrito o altri materiali sui pendii del Parco, ma solo ed esclusivamente nei luoghi predisposti a tale scopo.

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nel progetto delle strutture e nelle successive fasi di calcolo e verifica ci si è attenuti alle seguenti normative:

1. **LEGGE 5 NOVEMBRE 1971, n.1086** (G.U. 21-12-1971, n.321) “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica” (e successive modifiche ed integrazioni)
2. **EUROCODICE 2** – Progettazione delle strutture in calcestruzzo. UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
3. **DM 14 gennaio 2008** - “Norme Tecniche per le Costruzioni”
4. **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”
5. **Guidelines for Design of Wind Turbines-DNV/RisÆ.**
6. **IEC-61400 “Aerogeneratori. Requisiti di sicurezza. Parte 1”**

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	9 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

4 MATERIALI PREVISTI E RESISTENZE DI CALCOLO

4.1 CALCESTRUZZO

- Calcestruzzo magro:

Calcestruzzo classe C12/15 ($f_{ck}=12 \text{ N/mm}^2$, $R_{ck}=15 \text{ N/mm}^2$) miscelato in stabilimento per magrone di livellamento per il sottofondo delle fondazioni.

- Calcestruzzo armato:

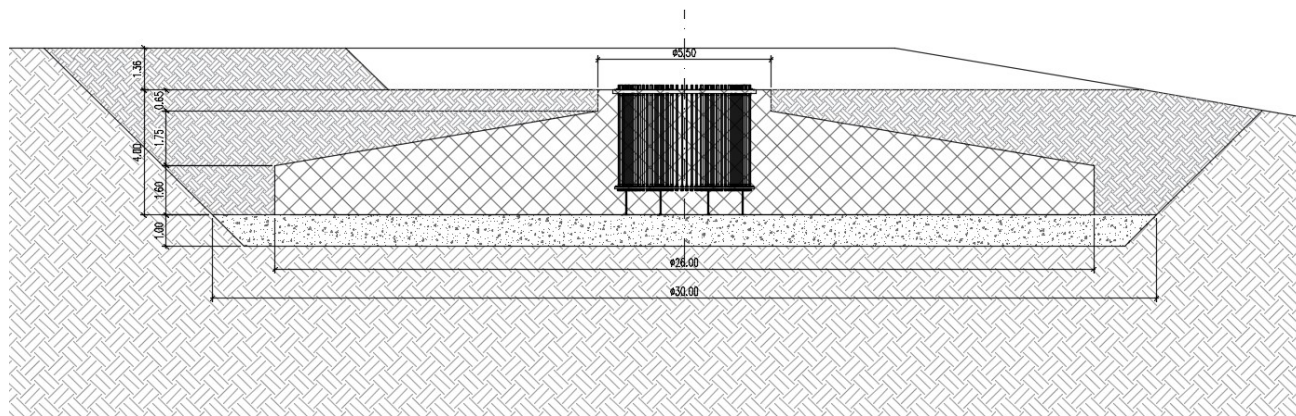
- Classe di resistenza: C30/37 ($f_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$, $R_{ck}=37 \text{ N/mm}^2$)
- Classe di esposizione ambientale: XC2 (EN 206)
- classe di consistenza: S3, 60 a 90 mm (EN 206)
- Aggregati: 20 mm

4.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

- Acciaio da armatura: B450C ($f_{ynom}=450 \text{ N/mm}^2$).

4.3 materiale di riempimento

- Materiale adeguato (secondo PG-3) per il riempimento del pozzo (materiale selezionato proveniente dallo scavo):
- Densità minima: $g = 1600 \text{ Kg/m}^3$
- Limite liquido: $LL < 40$
- Se il limite liquido è superiore a trenta ($LL > 30$) l'indice di plasticità sarà superiore a quattro. ($IP > 4$).
- Non ci saranno elementi di misura superiore a 10 cm.
- Passato al setaccio 0.080 UNE inferiore al 35% in peso.
- Contenuto di materia organica inferiore al 1%



Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	10 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

5 MEDODO DI CALCOLO

Il calcolo è basato sul metodo agli stati limite, che consiste nel ridurre a un valore sufficientemente basso la probabilità, sempre esistente, che venga raggiunta una serie di stati limite, cosa che metterebbe la struttura fuori servizio.

Il procedimento di verifica per un certo stato limite consiste nel dedurre, da una parte, l'effetto delle azioni applicate alla struttura e, dall'altra, la risposta di tale struttura corrispondente alla situazione limite oggetto dello studio. Se le azioni esterne producono un effetto inferiore alla risposta corrispondente allo stato limite si potrà affermare che il comportamento della struttura in quello stato limite è sicuro. Il margine di sicurezza corrispondente si introduce nei calcoli tramite alcuni coefficienti di ponderazione che moltiplicano i valori caratteristici delle azioni e altri coefficienti di minorazione che dividono i valori caratteristici delle proprietà resistenti dei materiali che compongono la struttura.

Gli elementi di fondazione saranno dimensionati per resistere ai carichi agenti e alle mreazioni indotte. Sarà quindi necessario che le sollecitazioni agenti sul plinto si mtrasmettano completamente al terreno.

Per la verifica delle tensioni del terreno verranno prese in considerazione le mcombinazioni più sfavorevoli trasmesse, il peso stesso dell'elemento di fondazione e del terreno che gravita su di esso, tutti con i loro valori caratteristici.

Per la verifica dello stato limite ultimo del plinto si valuteranno gli effetti delle tensioni del terreno ottenuti dagli sforzi trasmessi dall'aerogeneratore per le combinazioni più sfavorevoli maggiorate e l'azione maggiorata del peso stesso della fondazione e del terreno che gravita sopra di essa.

I risultati si dividono in due parti principali. In primo luogo si verifica la stabilità della fondazione e, una volta verificata, si passa a valutare la resistenza strutturale.

5.1 VERIFICHE DI STABILITÀ

È necessario verificare che non vengano superati i valori limite di equilibrio: ribaltamento e scorrimento.

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	11 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

5.2 VERIFICA DELLA RESISTENZA STRUTTURALE

La resistenza strutturale si verifica tramite la simulazione a elementi finiti del plinto e del terreno di fondazione con i carichi estremi a cui si trova sottoposto il modello. In questa verifica verranno valutati gli effetti delle tensioni del terreno ottenuti tramite i carichi maggiorati trasmessi dall'aerogeneratore e l'azione del peso stesso della fondazione e del terreno che gravita sopra di essa.

Si realizza uno studio preciso a elementi finiti dell'interazione suolo-struttura per poter così stimare le reazioni del terreno e gli sforzi nella soletta e poter stabilire la distribuzione dell'armatura a flessione a partire dalla distribuzione dei momenti ottenuta con il modello di simulazione considerando uno stato di flessione semplice.

Oltre alla simulazione a elementi finiti del comportamento del plinto in caso di azioni massime, si esegue una verifica della resistenza dell'aerogeneratore ai carichi di fatica.

5.3 coefficienti di sicurezza

I Coefficienti parziali di Sicurezza dei materiali adottati per stati limite ultimi, secondo quanto esposto nel D.M. 14/01/2008.

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficient e parziale	(A1) - STR	(A2) - GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1,fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2,fav}$	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi,fav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qi,sfav}$	1.50	1.50
Variabili traffico	Favorevole	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00
Variabili traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q,sfav}$	1.35	1.15

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficient e parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1.00	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	12 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	1.00	1.80	2.30
Scorrimento	1.00	1.10	1.10

5.4 DATI DEL TERRENO

I dati del terreno sono stati desunti dal doc. n. 98702PMGR001 “Relazione Geologica integrativa” redatta dal Dott. Geol. Antonio Priore, della quale si riporta stralcio con parametri caratteristici:

profondità	descrizione
Da 0.50 a 4.00	Sabbie limoso-argillose addensate
Peso specifico KN/m ³	26.60
Peso di volume naturale KN/m ³	17.96
Peso di volume saturo KN/m ³	20.09
Coesione KN/m ²	13.6
Angolo di attrito	34.6°

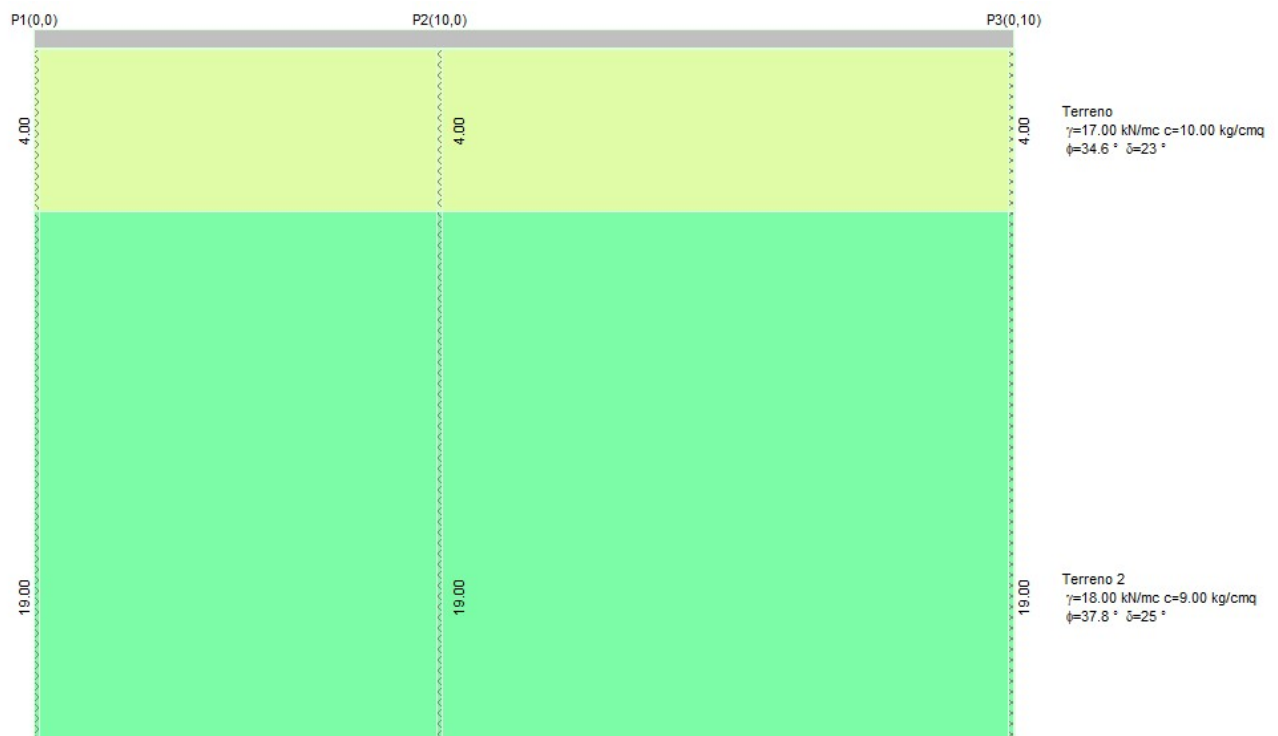
profondità	descrizione
Da 4.00 a 23.00	Sabbie limoso-argillose
Peso specifico KN/m ³	26.50
Peso di volume naturale KN/m ³	18.34
Peso di volume saturo KN/m ³	20.25
Coesione KN/m ²	9.07
Angolo di attrito	37.8°

Tab. - Parametri fisico-meccanici delle Sabbie di Marano

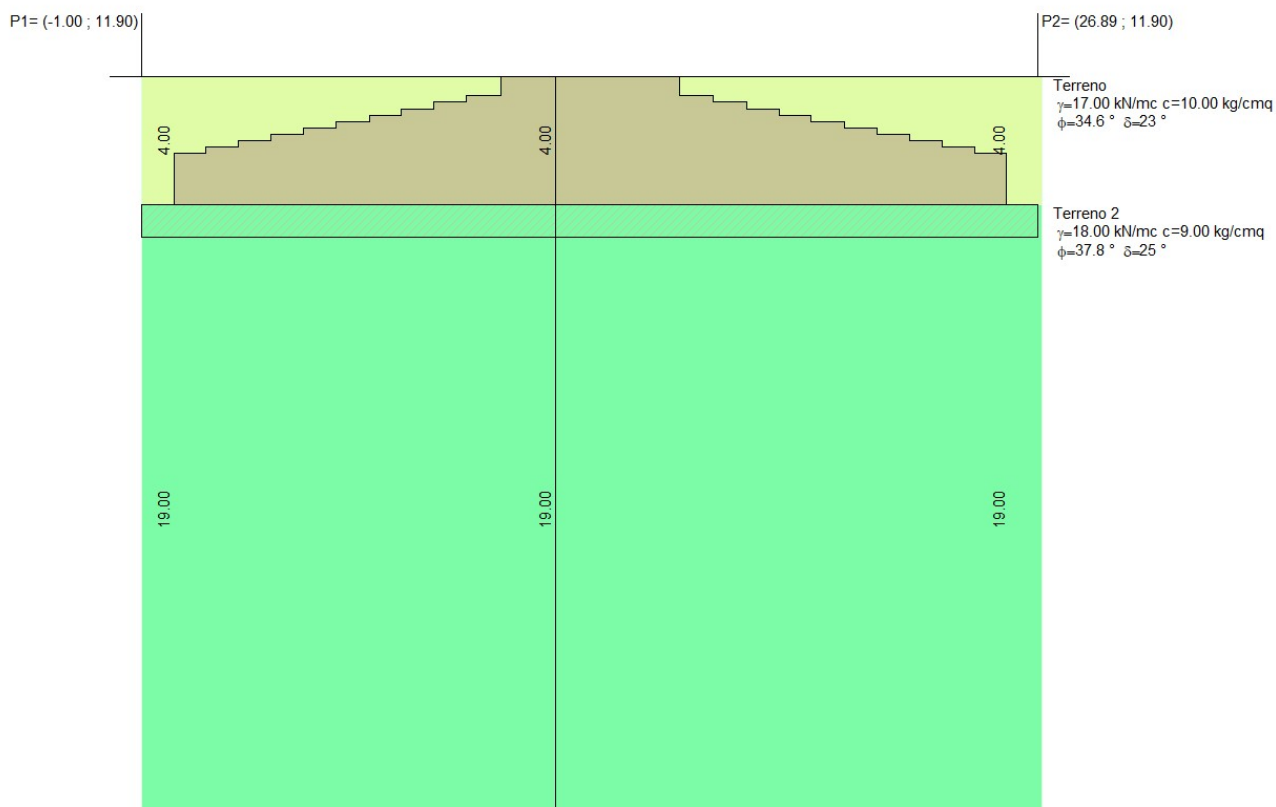
Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

Strato	C (kg/m ²)	c _u (kg/m ²)	fi (°)	G (kg/m ³)	G _s (kg/m ³)	K (kg/cm ³)	Litologia	
1	1387	0	34,6	1831	2048	0,00	Sabbia limosa mediamente addensata	
2	925	0	37,8	1870	2064	0,00	Sabbia o sabbia limosa densa	

Tab. - Dati geotecnici utilizzati



DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	14 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	REVISIONE	02
		DATA	17/07/2017



MODELLAZIONE STRATIGRAFIA TERRENO

5.5 AZIONI SULLE FONDAZIONI

I carichi che agiscono sulla fondazione sono stati forniti da Siemens, produttore della torre.

Tower ID: D3-3.15-142-S-T129.0-600
 Hub height: 129.0m
 IEC class: S

I valori caratteristici dei carichi massimi che agiscono sulla fondazione dovuti alla struttura dell'aerogeneratore sono stati desunti dal documento n. WP TE 30-0000-1883-01 e sono riassunti nelle tabelle seguenti:

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	15 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

Extreme design loads

The extreme design loads in the ultimate limit state are provided in the tables below. The loads in Table 3 to 6 are provided as contemporaneous loads and include eccentric gravitational loads from the combined effect of a tower out of vertical along with a foundation rotated to the horizontal xy-plane. A settlement calculation of the foundation must be evaluated and at the end of the life time of the turbine a differential settlement resulting in a maximum rotation of 0.3 deg of the foundation to the horizontal plan is acceptable.

The "Design load" column includes partial safety factors according to IEC-61400-1 Ed3.

Extreme overturning moment

The extreme design load from the design load case, yielding the highest overturning bending moment, is shown in Table 3. Table 4 shows the design load case with highest characteristic overturning moment.

Name	Label	Unit	Characteristic load	Design load
Normal force	Fz	kN	5440	7350
Shear force resultant	Fxy	kN	805	1090
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	118000	158000
Torsional moment	Mz	kNm	-635	-880

Table 3: Contemporaneous loads from the design load case yielding highest design load for the overturning bending moment resultant, Mxy

Name	Label	Unit	Characteristic load	Design load
Normal force	Fz	kN	5520	6070
Shear force resultant	Fxy	kN	1080	1170
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	141500	155500
Torsional moment	Mz	kNm	1690	1880

Table 4: Contemporaneous loads from the design load case yielding highest characteristic load for the overturning bending moment resultant, Mxy.

Extreme torsional moment

The extreme design load from the design load case, yielding the highest torsional moment, is shown in Table 5. Table 6 shows the design load case with highest characteristic torsional moment.

Name	Label	Unit	Characteristic load	Design load
Normal force	Fz	kN	5400	7290
Shear force resultant	Fxy	kN	280	360
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	28400	36300
Torsional moment	Mz	kNm	9890	13400

Table 5: Contemporaneous loads from the design load case yielding highest design load for the torsional moment, Mz.

Name	Label	Unit	Characteristic load	Design load
Normal force	Fz	kN	5400	7290
Shear force resultant	Fxy	kN	280	360
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	28400	36300
Torsional moment	Mz	kNm	9890	13400

Table 6: Contemporaneous loads from the design load case yielding highest characteristic load for the torsional moment, Mz.

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	16 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

Operational Loads

The operational loads are calculated according to design load case D.2 and D.3 from DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen October 2012. The loads have an exceedance probability of $p = 10^{-4}$ and $p = 10^{-2}$, respectively.

Name	Label	Unit	Characteristic load	Design load
Normal force	Fz	kN	5610	5610
Shear force resultant	Fxy	kN	725	725
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	81600	81600
Torsional moment	Mz	kNm	5260	5260

Table 7: Operational loads according to design load case D.2 in DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen October 2012, page 17. Exceedance probability of $p = 10^{-4}$.

Name	Label	Unit	Characteristic load	Design load
Normal force	Fz	kN	5570	5570
Shear force resultant	Fxy	kN	630	630
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	74800	74800
Torsional moment	Mz	kNm	2690	2690

Table 8: Operational loads according to design load case D.3 in DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen October 2012, page 17. Exceedance probability of $p = 10^{-2}$.

Cyclic fatigue loads

The loads in the fatigue limit state are provided in the following section. In the section Equivalent Load, the fatigue loads are given as equivalent loads and may be used if the material properties can be characterized by an S/N-curve with the provided Wöhler slopes. If the distribution of the mean stress level is important for the fatigue assessment, or the S/N-curve cannot be represented by the included Wöhler slopes, the full load spectrum from the section Fatigue Load Spectrum should be used. The loads are based on Rainflow cycle counting.

Equivalent load

The equivalent loads are shown in Table 9 and Table 10 for a Wöhler slope of $m = 5.0$ and $m = 8.0$, respectively.

Name	Label	Unit	Reference cycles, N_{ref}	Wöhler slope, m	Mean load	Eq. load
Shear force	Fy	kN	1e+07	5.0	325	405
Overturning moment	Mx	kNm	1e+07	5.0	30200	27600
Torsional moment	Mz	kNm	1e+07	5.0	595	5030

Table 9: Equivalent loads for Wöhler slope $m = 5.0$.

Name	Label	Unit	Reference cycles, N_{ref}	Wöhler slope, m	Mean load	Eq. load
Shear force	Fy	kN	1e+07	8.0	325	410
Overturning moment	Mx	kNm	1e+07	8.0	30200	36100
Torsional moment	Mz	kNm	1e+07	8.0	595	5800

Table 10: Equivalent loads for Wöhler slope $m = 8.0$.

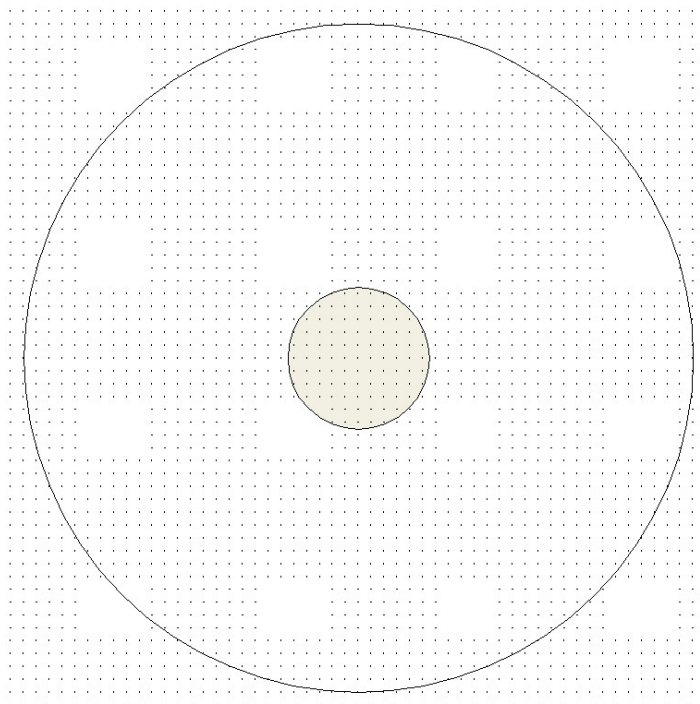
Altri carichi che vanno presi in considerazione quando si eseguono i calcoli della fondazione sono quelli relativi al peso proprio della fondazione e del terreno:

- Peso proprio del plinto $\gamma = 2500 \text{ Kg/m}^3$
- Peso del terreno che grava sul plinto $\gamma = 1600 \text{ kg/m}^3$

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
----------	-------	-----------	-----	------------	---------------------

La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	17 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017



SCHEMA APPLICAZIONE CARICHI

Carichi e reazioni vincolari

Fz	Carico verticale positivo verso il basso
Fx	Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.
Fy	Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.
Mx	Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.
My	Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

Sollecitazioni

Mx	Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).
My	Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).
Mxy	Momento flettente XY.

Condizioni di carico

Carichi distribuiti

Simbologia adottata

Ic	Indice carico
P _{is}	Punto inferiore sinistro del carico espresso in [m]
P _{sd}	Punto superiore destro del carico espresso in [m]
Q _{z1}	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore sinistro espresso in [kN/mq]
Q _{z2}	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore destro espresso in [kN/mq]
Q _{z3}	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore sinistro espresso in [kN/mq]
Q _{z4}	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore destro espresso in [kN/mq]
Q _x	Componente orizzontale del carico in direzione X espressa in [kN/mq]
Q _y	Componente orizzontale del carico in direzione Y espressa in [kN/mq]

Condizione n° 1 - Condizione 1

Carichi distribuiti

Ic	P _{is} [m]	P _{sd} [m]	Q _{z1} [kN/mq]	Q _{z2} [kN/mq]	Q _{z3} [kN/mq]	Q _{z4} [kN/mq]	Q _x [kN/mq]	Q _y [kN/mq]
1	10.25; 10.25	15.75; 15.75	228.7561	-956.8995	-3147.7055	-4333.3611	0.0000	34.1016

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)				PAGINA	18 di 53
					REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE				DATA	17/07/2017

Condizione n° 2 - Condizione 2

Carichi distribuiti

Ic	P _{is} [m]	P _{sd} [m]	Q _{Z1} [kN/mq]	Q _{Z2} [kN/mq]	Q _{Z3} [kN/mq]	Q _{Z4} [kN/mq]	Q _X [kN/mq]	Q _Y [kN/mq]
2	10.25; 10.25	15.75; 15.75	233.8396	-951.8161	-3142.6220	-4328.2776	0.0000	34.1016

Condizione n° 3 - Condizione 3

Carichi distribuiti

Ic	P _{is} [m]	P _{sd} [m]	Q _{Z1} [kN/mq]	Q _{Z2} [kN/mq]	Q _{Z3} [kN/mq]	Q _{Z4} [kN/mq]	Q _X [kN/mq]	Q _Y [kN/mq]
3	10.25; 10.25	15.75; 15.75	228.7561	-114.8421	-749.7287	-1093.3268	0.0000	11.0142

Condizione n° 5 - Condizione 5

Carichi distribuiti

Ic	P _{is} [m]	P _{sd} [m]	Q _{Z1} [kN/mq]	Q _{Z2} [kN/mq]	Q _{Z3} [kN/mq]	Q _{Z4} [kN/mq]	Q _X [kN/mq]	Q _Y [kN/mq]
5	10.25; 10.25	15.75; 15.75	237.6522	-749.5876	-2573.7689	-3561.0087	0.0000	30.7126

Condizione n° 6 - Condizione 6

Carichi distribuiti

Ic	P _{is} [m]	P _{sd} [m]	Q _{Z1} [kN/mq]	Q _{Z2} [kN/mq]	Q _{Z3} [kN/mq]	Q _{Z4} [kN/mq]	Q _X [kN/mq]	Q _Y [kN/mq]
6	10.25; 10.25	15.75; 15.75	235.9577	-666.5924	-2334.2875	-3236.8376	0.0000	26.6882

Condizione n° 7 - Condizione 7

Carichi distribuiti

Ic	P _{is} [m]	P _{sd} [m]	Q _{Z1} [kN/mq]	Q _{Z2} [kN/mq]	Q _{Z3} [kN/mq]	Q _{Z4} [kN/mq]	Q _X [kN/mq]	Q _Y [kN/mq]
7	10.25; 10.25	15.75; 15.75	0.0000	-241.9705	-689.0738	-931.0443	0.0000	0.0000

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
----------	-------	-----------	-----	------------	---------------------

La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	19 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

5.6 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche sono state desunte dal doc. n. 98702PMGR001 “Relazione Geologica integrativa” redatta dal Dott. Geol. Antonio Priore, della quale si riporta stralcio con parametri caratteristici:

STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	g g/cm ³	v	Ed (x10exp3) Kg/cm2	R Kg/m2*sec	MODULO DI TAGLIO Kg/cm2	MODULO DI YOUNG Kg/cm2
1	5.00	500	271	1.80	0.29	0.03	488	1321.94	3415.94
2	16.00	900	420	1.85	0.36	0.09	777	3263.40	8881.64
3	8.00	1150	650	1.90	0.27	0.20	1235	8027.50	20314.03
4	1.00	1300	800	2.00	0.20	0.31	1600	12800.00	30598.10

Codice Istat 2001	Comune	Denominazione Categoria secondo la Classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del G.d.L del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
17076051	MONTEMILONE	n.c.	II	2

Zona sismica

Descrizione	Simbol o	UM	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a _g	[m/s ²]	1.518	0.463
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.488	2.531
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.369	0.285
Coeff. di amplificazione per tipo di sottosuolo	Ss		1.469	1.500
Coeff. di amplificazione topografica	St		1.200	1.200
Coeff. di intensità sismica orizzontale	K _h	[%]	27.28	8.49

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
----------	-------	-----------	-----	------------	---------------------

La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	20 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

5.7 COMBINAZIONI DI CALCOLO

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 29

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - A1-M1-R1

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 1	1.30
Condizione 7	1.30

SISMA X_ASSENTE
SISMA Y_ASSENTE

Combinazione n° 2 - A2-M2-R2

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_ASSENTE
SISMA Y_ASSENTE

Combinazione n° 3 - SLEQ

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_ASSENTE
SISMA Y_ASSENTE

Combinazione n° 4 - SLEF

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 5	1.00

SISMA X_ASSENTE
SISMA Y_ASSENTE

Combinazione n° 5 - SLER

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 3	1.00

SISMA X_ASSENTE
SISMA Y_ASSENTE

Combinazione n° 6 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_POSITIVO

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	21 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

Combinazione n° 7 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 8 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 9 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 10 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 11 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 12 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 13 - A1-M1-R1 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 14 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 7	1.00
Condizione 2	1.00

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
----------	-------	-----------	-----	------------	---------------------

La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	22 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE		DATA

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 15 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 16 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 17 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 18 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 19 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 20 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 21 - A2-M2-R2 S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 2	1.00
Condizione 7	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 22 - SLEQ S

Condizione	CP
------------	----

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
----------	-------	-----------	-----	------------	---------------------

La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	23 di 53
		REVISIONE	02
RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE		DATA	17/07/2017

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 23 - SLEQ S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 24 - SLEQ S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 25 - SLEQ S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 26 - SLEQ S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_POSITIVO

Combinazione n° 27 - SLEQ S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_POSITIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 28 - SLEQ S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_NEGATIVO

Combinazione n° 29 - SLEQ S

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 6	1.00

SISMA X_NEGATIVO
SISMA Y_POSITIVO

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
----------	-------	-----------	-----	------------	---------------------

La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	24 di 53
		REVISIONE	02
RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE		DATA	17/07/2017

6 PROGRAMMA DI CALCOLO

6.1 RICHIAMI TEORICI - METODI DI ANALISI

Calcolo - Analisi ad elementi finiti

Per l'analisi platea si utilizza il metodo degli elementi finiti (FEM). La struttura viene suddivisa in elementi connessi fra di loro in corrispondenza dei nodi. Il campo di spostamenti interno all'elemento viene approssimato in funzione degli spostamenti nodali mediante le funzioni di forma. Il programma utilizza, per l'analisi tipo piastra, elementi quadrangolari e triangolari. Nel problema di tipo piastra gli spostamenti nodali sono lo spostamento verticale w e le rotazione intorno agli assi x e y , ϕ_x e ϕ_y , legati allo spostamento w tramite relazioni

$$\begin{aligned}\phi_x &= -dw/dy \\ \phi_y &= dw/dx\end{aligned}$$

Note le funzioni di forma che legano gli spostamenti nodali al campo di spostamenti sul singolo elemento è possibile costruire la matrice di rigidezza dell'elemento \mathbf{k}_e ed il vettore dei carichi nodali dell'elemento \mathbf{p}_e .

La fase di assemblaggio consente di ottenere la matrice di rigidezza globale della struttura \mathbf{K} ed il vettore dei carichi nodali \mathbf{p} . La soluzione del sistema

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}$$

consente di ricavare il vettore degli spostamenti nodali \mathbf{u} .

Dagli spostamenti nodali è possibile risalire per ogni elemento al campo di spostamenti ed alle sollecitazioni M_x , M_y ed M_{xy} .

Il terreno di fondazione se presente viene modellato con delle molle disposte in corrispondenza dei nodi. La rigidezza delle molle è proporzionale alla costante di sottofondo k ed all'area dell'elemento.

I pali di fondazione sono modellati con molle verticali aventi rigidezza pari alla rigidezza verticale del palo.

Per l'analisi tipo lastra (analisi della piastra soggetta a carichi nel piano) vengono utilizzati elementi triangolari a 6 nodi a deformazione quadratica. Gli spostamenti nodali sono gli spostamenti u e v nel piano XY. L'analisi fornisce in tal caso il campo di spostamenti orizzontali e le tensioni nel piano della lastra σ_x , σ_y e τ_{xy} . Dalle tensioni è possibile ricavare, noto lo spessore, gli sforzi normali N_x , N_y e N_{xy} .

Nell'analisi tipo lastra i pali di fondazione sono modellati con molle orizzontali in direzione X e Y aventi rigidezza pari alla rigidezza orizzontale del palo.

Nel caso di platea nervata le nervature sono modellate con elementi tipo trave (con eventuale rigidezza torsionale) connesse alla piastra in corrispondenza dei nodi degli elementi.

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	25 di 53
		REVISIONE	02
RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE		DATA	17/07/2017

Metodo calcolo portanza

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

Fattori di forma

$$\text{per } \phi=0 \quad s_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	26 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \operatorname{tg} \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \operatorname{arctg} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

$$\text{per } \phi=0 \quad d_c = 0.4k$$

$$\text{per } \phi>0 \quad d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B , L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) e con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$\text{per } \phi = 0 \quad i_c = 1/2 \left(1 - \left[1 - \frac{H}{A_f c_a} \right]^{0.5} \right)$$

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	27 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

$$\text{per } \phi > 0 \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

$$\text{per } \eta = 0 \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

$$\text{per } \eta > 0 \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$\text{per } \phi = 0 \quad b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = e^{-2\eta \text{tg} \phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta \text{tg} \phi}$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi = 0 \quad g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	28 di 53
		REVISIONE	02
RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE		DATA	17/07/2017

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05 \operatorname{tg} \beta)^5$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg} \delta + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

Cedimenti della fondazione

Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20.

L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$\Delta \sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z , dalla pressione di contatto della fondazione;

E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato i -esimo;

Δz rappresenta lo spessore dello strato i -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.

Disposizione delle armature

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	29 di 53
		RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	REVISIONE
			DATA

Le armature vengono disposte secondo due direzioni, una principale ed una secondaria. Per il calcolo delle stesse si fa riferimento ai valori nodali delle sollecitazioni ottenute dall'analisi ad elementi finiti. Per la disposizione delle stesse occorre suddividere la piastra in in numero di strisce opportuno nelle due direzioni.

6.2 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

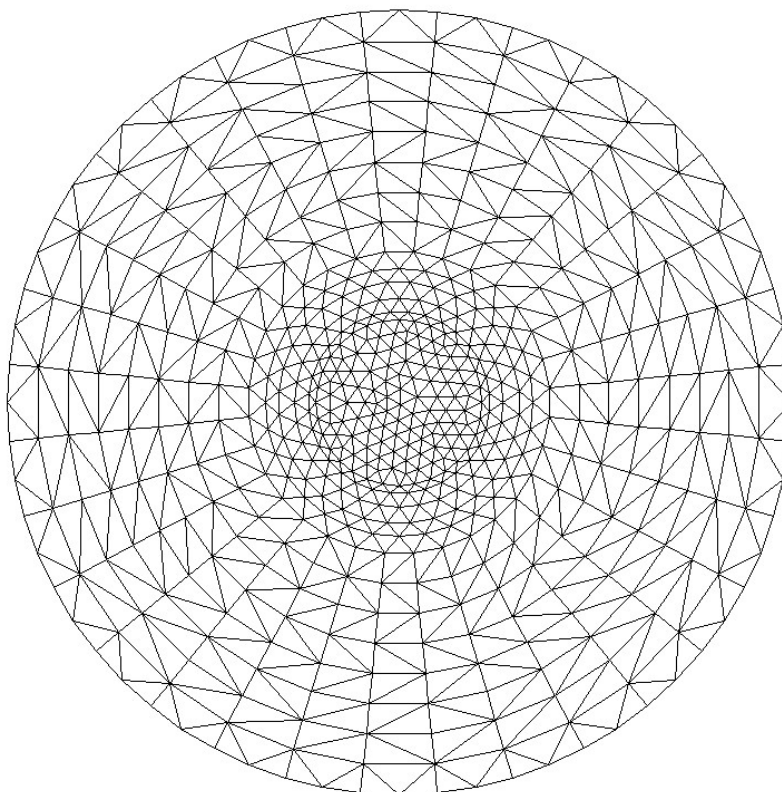
Portanza fondazione superficiale

Metodo calcolo portanza: Hansen
 Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata
 Riduzione portanza per effetto eccentricità: Meyerhof

6.3 MODELLO

Caratteristiche Mesh

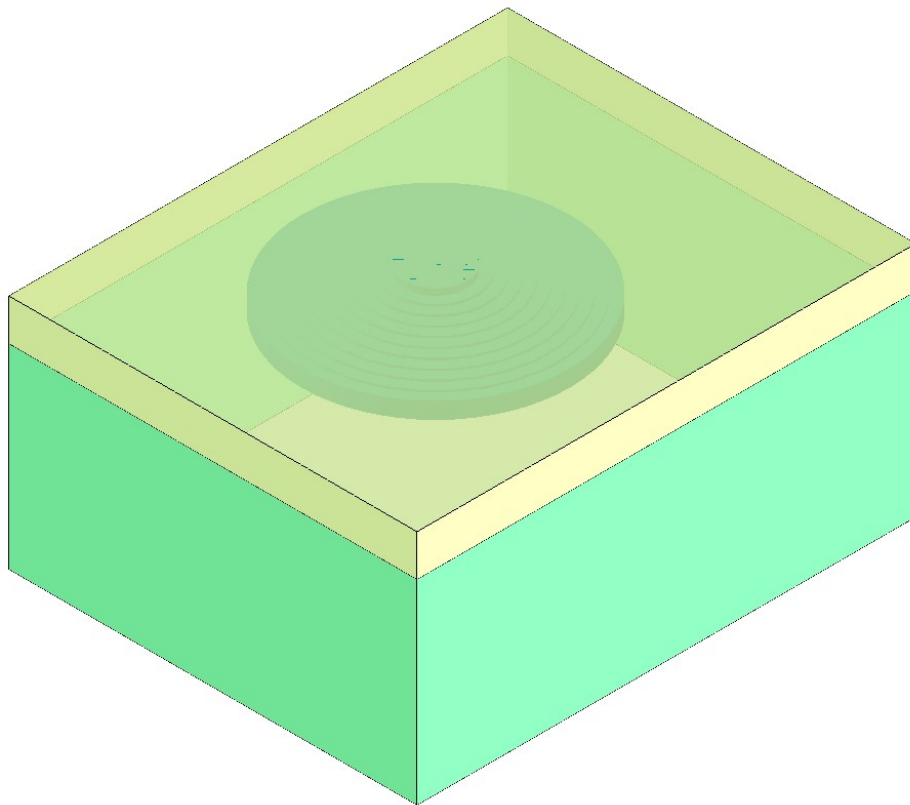
Numero elementi 1068
 Numero nodi 567



MODELLO A ELEMNTI FINITI

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	<i>PAGINA</i>	30 di 53
		<i>REVISIONE</i>	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	<i>DATA</i>	17/07/2017



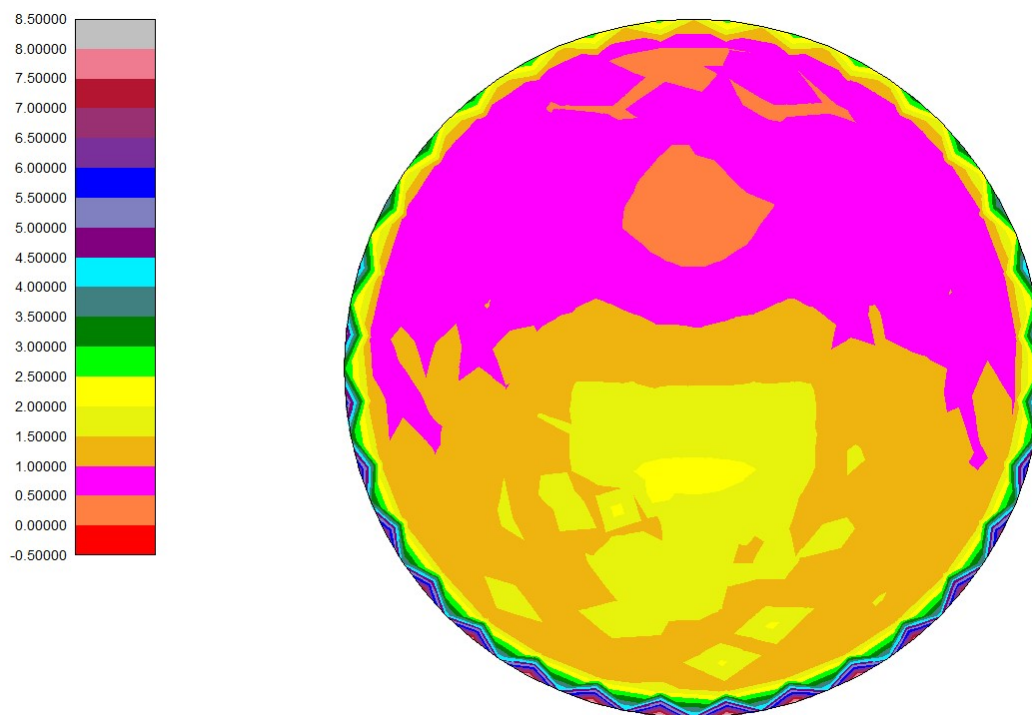
MODELLO 3D

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	31 di 53
		RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	REVISIONE
	DATA	17/07/2017	

7 RISULTATI ANALISI STRUTTURALE

7.1 PRESSIONI AL SUOLO



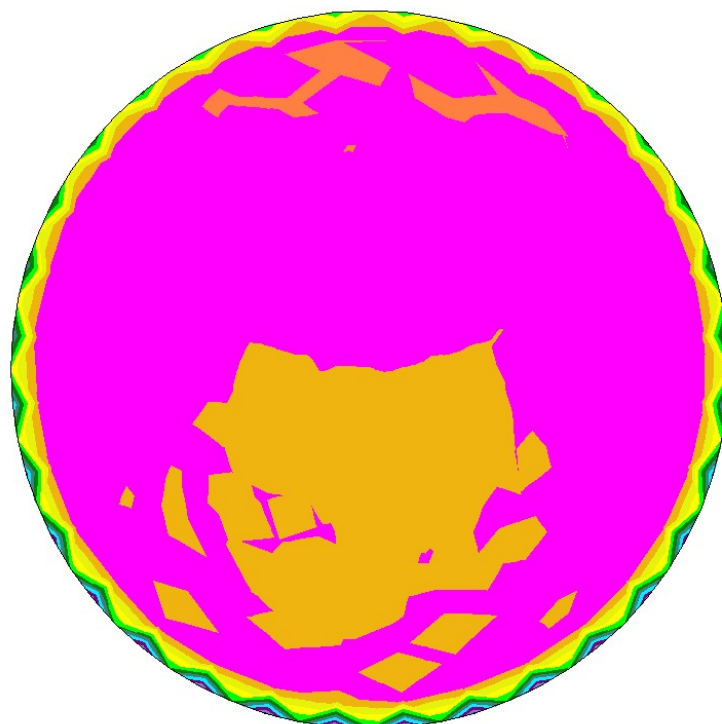
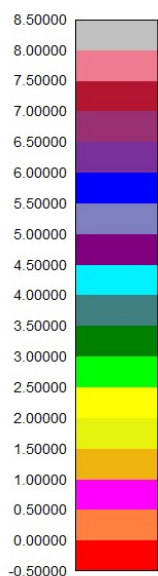
PRESSIONI AL SUOLO COMBINAZIONE 1

La presente combinazione è quella che massimizza gli effetti dovuti ad azioni di ribaltamento della struttura allo SLU.

La fondazione risulta completamente reagente.

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	<i>PAGINA</i>	32 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	<i>REVISIONE</i>	02
		<i>DATA</i>	17/07/2017



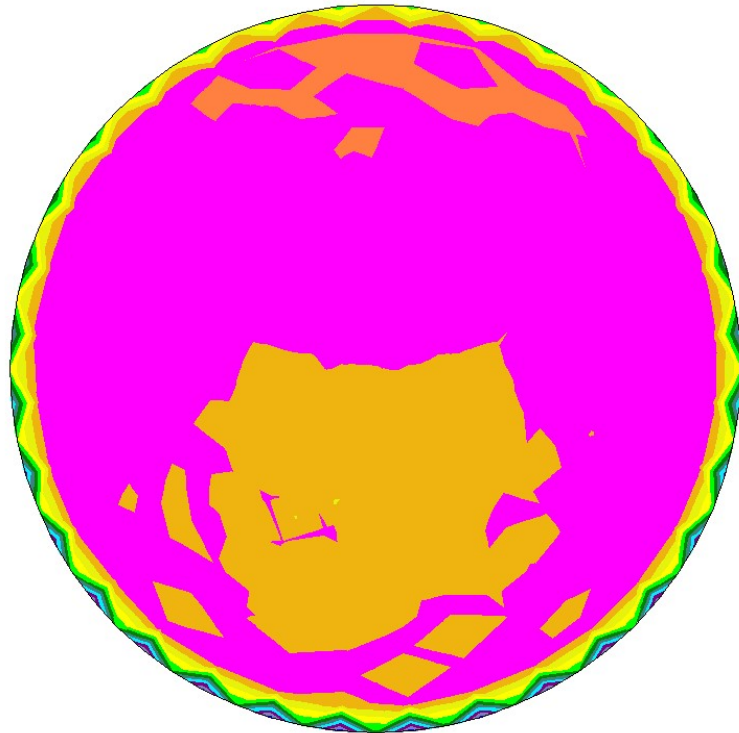
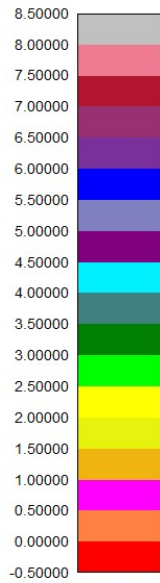
PRESSIONI AL SUOLO COMBINAZIONE 3

La presente combinazione è quella che massimizza gli effetti dovuti ad azioni quasi permanenti allo SLE.

La fondazione risulta completamente reagente.

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	33 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

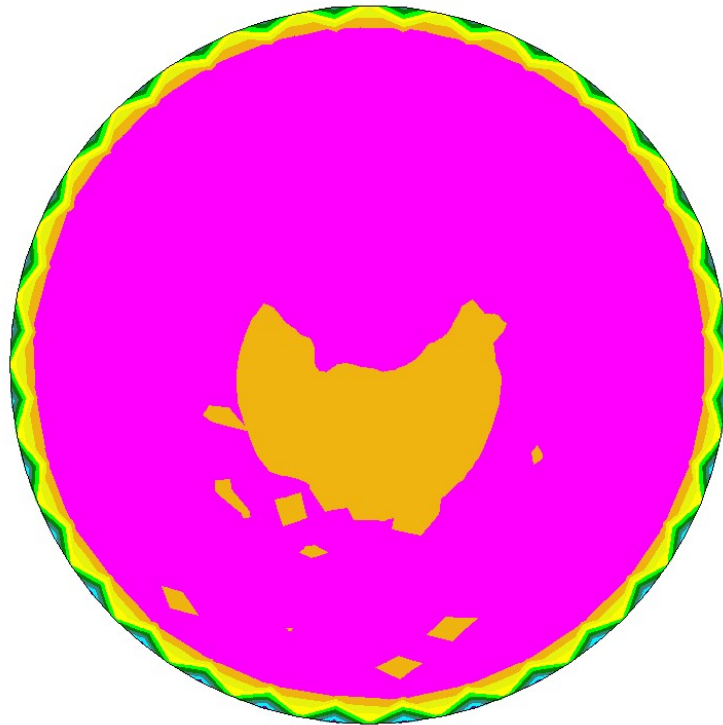
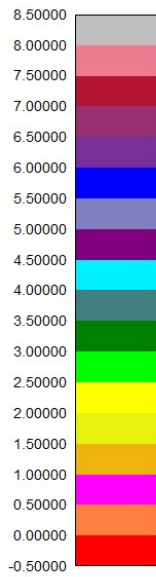


PRESSIONI AL SUOLO COMBINAZIONE 4

La presente combinazione è quella che massimizza gli effetti dovuti ad azioni frequenti allo SLE.
La fondazione risulta completamente reagente.

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	34 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017



PRESSIONI AL SUOLO COMBINAZIONE 5

La presente combinazione è quella che massimizza gli effetti dovuti ad azioni rare allo SLE.
La fondazione risulta completamente reagente.

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	35 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

7.2 SPOSTAMENTI

Spostamenti massimi e minimi della piastra

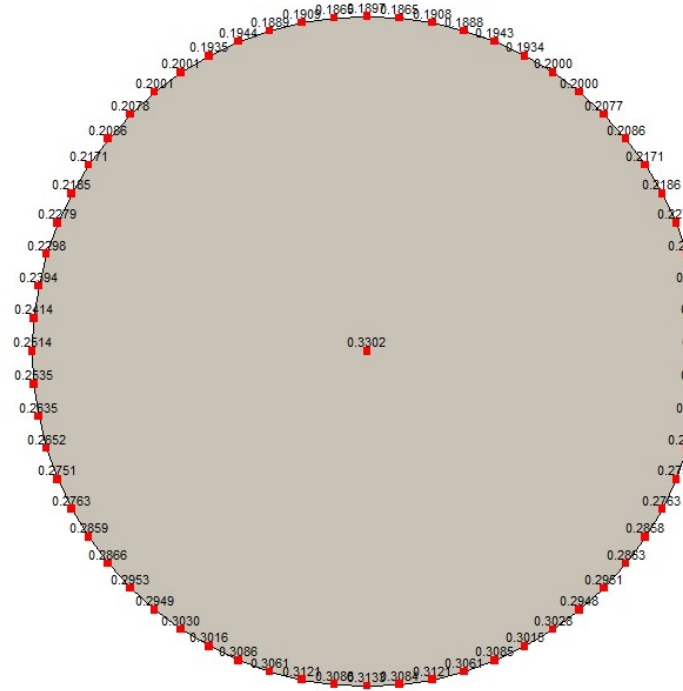
Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
Wmax	Spostamento verticale massimo, espresso in [cm]
UXmax	Spostamento direzione x massimo, espresso in [cm]
UYmax	Spostamento direzione y massimo, espresso in [cm]
Wmin	Spostamento verticale minimo, espresso in [cm]
UXmin	Spostamento direzione x minimo, espresso in [cm]
UYmin	Spostamento direzione y minimo, espresso in [cm]
<u>Per piastre di fondazione</u>	
pmax	Pressione massima sul terreno, espressa in [kg/cm ²]
pmed	Pressione media sul terreno, espressa in [kg/cm ²]

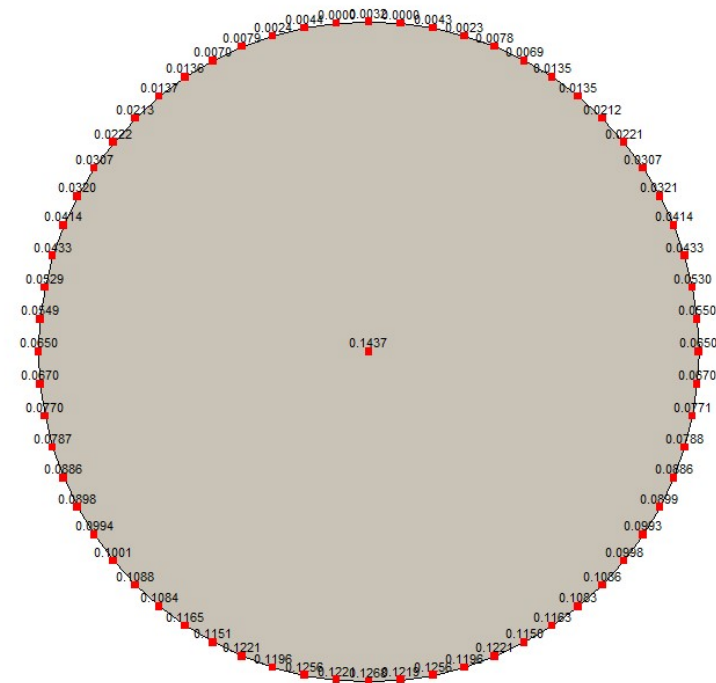
Ic	Wmax [cm]	UXmax [cm]	UYmax [cm]	Wmin [cm]	UXmin [cm]	UYmin [cm]	pmax [kg/cm ²]	pmed [kg/cm ²]
1	0.511577	0.000101	0.001048	0.209959	-0.000101	0.000488	8.425	1.274
2	0.394387	0.000077	0.000807	0.161954	-0.000077	0.000376	6.485	0.982
3	0.364910	0.000061	0.000631	0.194827	-0.000061	0.000294	5.673	0.983
4	0.369856	0.000070	0.000726	0.189687	-0.000070	0.000338	5.806	0.984
5	0.335813	0.000025	0.000260	0.229110	-0.000025	0.000121	4.795	0.980
6	0.393521	0.010911	0.005177	0.161507	0.003165	-0.000792	6.481	0.980
7	0.393521	0.010926	0.001548	0.161507	0.003137	-0.004421	6.481	0.980
8	0.393521	-0.003136	0.001547	0.161507	-0.010905	-0.004423	6.481	0.980
9	0.393521	-0.003165	0.005176	0.161507	-0.010921	-0.000793	6.481	0.980
10	0.393521	0.003303	0.010260	0.161507	0.000905	0.005471	6.481	0.980
11	0.393521	0.003329	-0.004149	0.161507	0.000822	-0.008747	6.481	0.980
12	0.393521	-0.000823	-0.004147	0.161507	-0.003324	-0.008736	6.481	0.980
13	0.393521	-0.000909	0.010282	0.161507	-0.003302	0.005469	6.481	0.980
14	0.394387	0.010941	0.005183	0.161954	0.003180	-0.000788	6.485	0.982
15	0.394387	0.010956	0.001544	0.161954	0.003153	-0.004427	6.485	0.982
16	0.394387	-0.003152	0.001543	0.161954	-0.010935	-0.004428	6.485	0.982
17	0.394387	-0.003180	0.005182	0.161954	-0.010951	-0.000789	6.485	0.982
18	0.394387	0.003311	0.010291	0.161954	0.000914	0.005486	6.485	0.982
19	0.394387	0.003338	-0.004179	0.161954	0.000829	-0.008778	6.485	0.982
20	0.394387	-0.000829	-0.004178	0.161954	-0.003333	-0.008767	6.485	0.982
21	0.394387	-0.000915	0.010313	0.161954	-0.003310	0.005485	6.485	0.982
22	0.364910	0.002980	0.001494	0.194827	0.001299	0.000267	5.673	0.983
23	0.364910	0.002983	0.000324	0.194827	0.001298	-0.000863	5.673	0.983
24	0.364910	-0.001298	0.000324	0.194827	-0.002976	-0.000864	5.673	0.983
25	0.364910	-0.001299	0.001495	0.194827	-0.002978	0.000267	5.673	0.983
26	0.364910	0.000940	0.003303	0.194827	0.000336	0.001991	5.673	0.983
27	0.364910	0.000910	-0.001208	0.194827	0.000364	-0.002110	5.673	0.983
28	0.364910	-0.000364	-0.001207	0.194827	-0.000907	-0.002110	5.673	0.983
29	0.364910	-0.000337	0.003312	0.194827	-0.000940	0.001991	5.673	0.983

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)		<i>PAGINA</i>	36 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE		<i>REVISIONE</i>	02
			<i>DATA</i>	17/07/2017



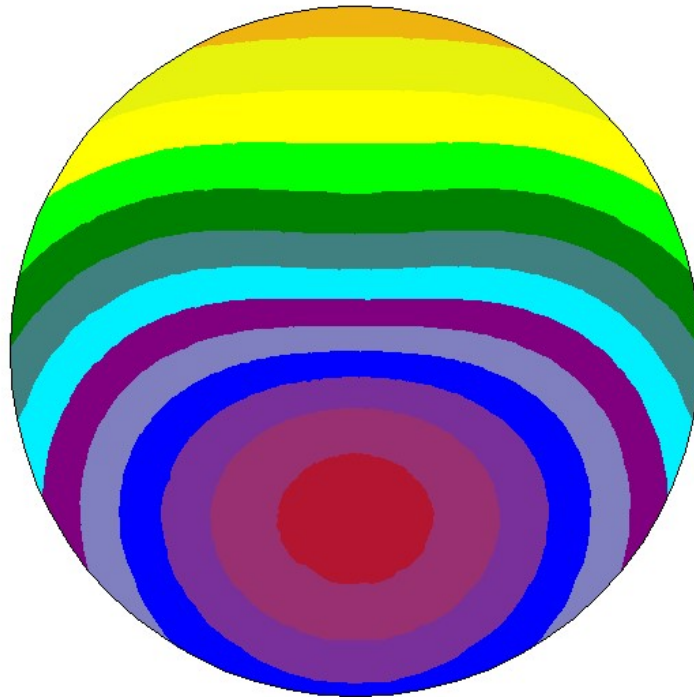
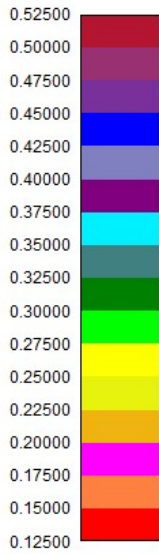
CEDIMENTI ASSOLUTI



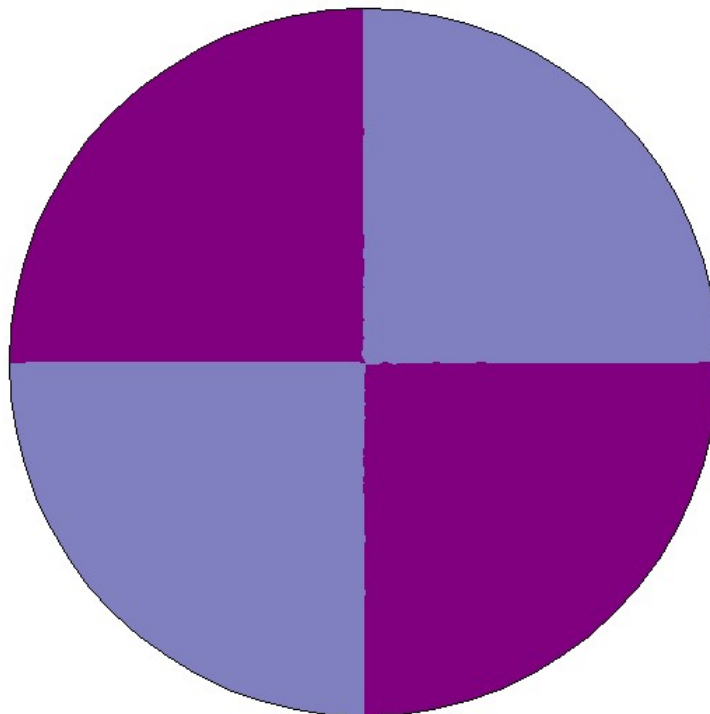
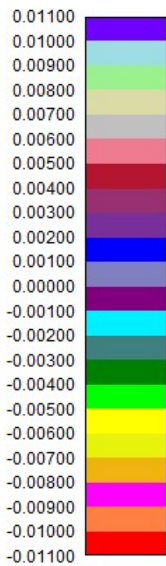
CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	37 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017



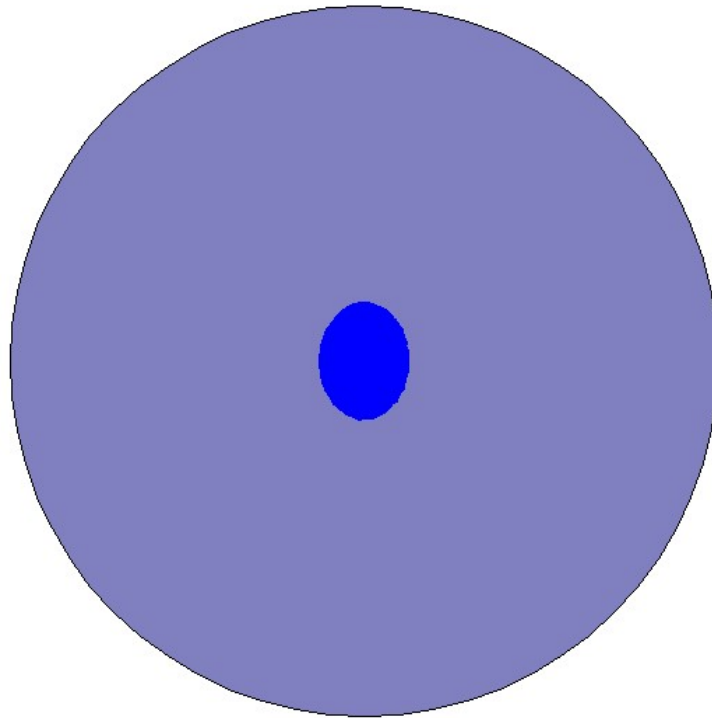
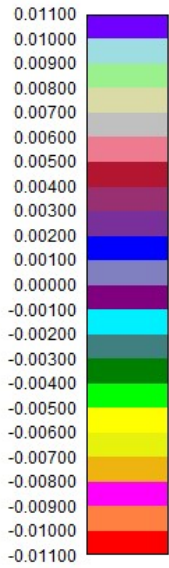
SPOSTAMENTI VERTICALI



SPOSTAMENTI DIREZIONE X

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	<i>PAGINA</i>	38 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	<i>REVISIONE</i>	02
		<i>DATA</i>	17/07/2017



SPOSTAMENTI DIREZIONE Y

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	39 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

7.3 SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni piastra

Sollecitazioni massime e minime

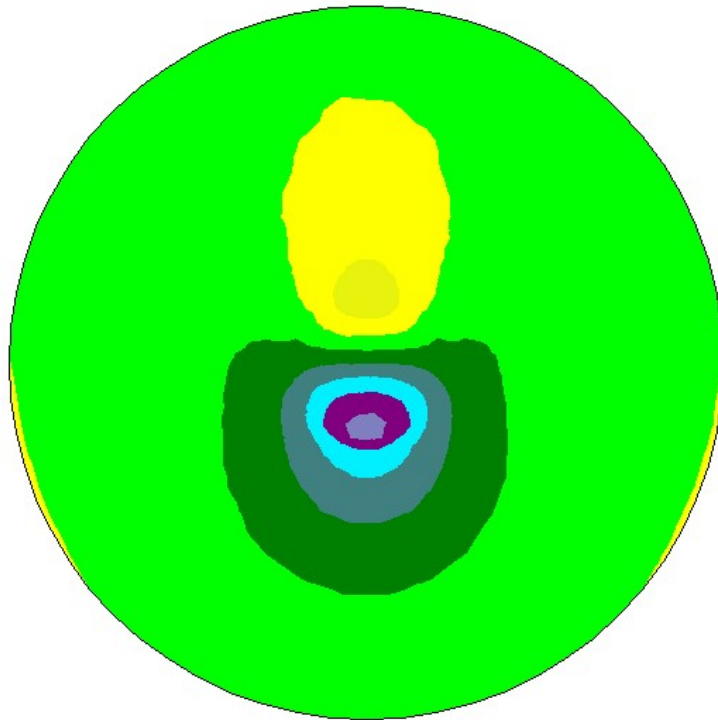
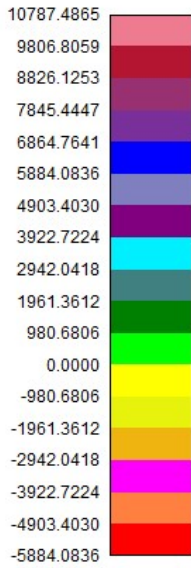
Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
M _{Xmax}	Momento massimo X, espresso in [kNm]
M _{Xmin}	Momento minimo X, espresso in [kNm]
M _{Ymax}	Momento massimo Y, espresso in [kNm]
M _{Ymin}	Momento minimo Y, espresso in [kNm]

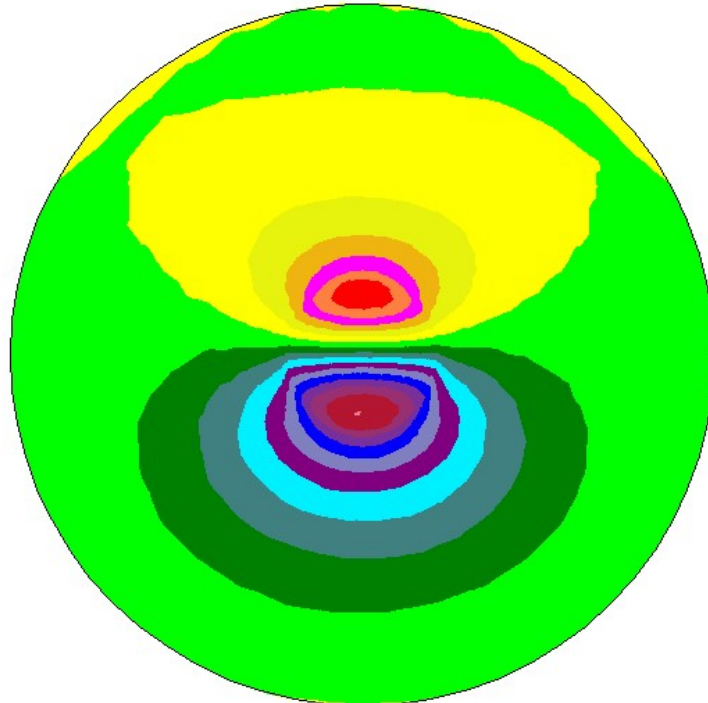
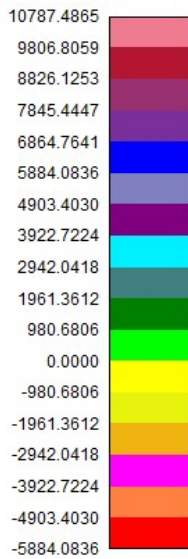
Ic	M _{Xmax} [kNm]	M _{Xmin} [kNm]	M _{Ymax} [kNm]	M _{Ymin} [kNm]	M _{xy} _{max} [kNm]	M _{xy} _{min} [kNm]
1	6704.57	-2220.85	9855.10	-5651.53	2478.42	-2484.08
2	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
3	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
4	4122.08	-641.95	5777.52	-2483.71	1322.99	-1326.33
5	2533.37	-20.54	3067.25	-18.39	466.77	-465.37
6	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
7	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
8	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
9	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
10	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
11	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
12	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
13	5157.37	-1708.35	7580.84	-4347.33	1906.48	-1910.83
14	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
15	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
16	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
17	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
18	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
19	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
20	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
21	5177.17	-1689.86	7599.68	-4329.52	1906.85	-1911.21
22	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
23	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
24	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
25	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
26	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
27	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
28	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80
29	3910.77	-445.48	5417.17	-2137.25	1209.64	-1212.80

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	<i>PAGINA</i>	40 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	<i>REVISIONE</i>	02
		<i>DATA</i>	17/07/2017



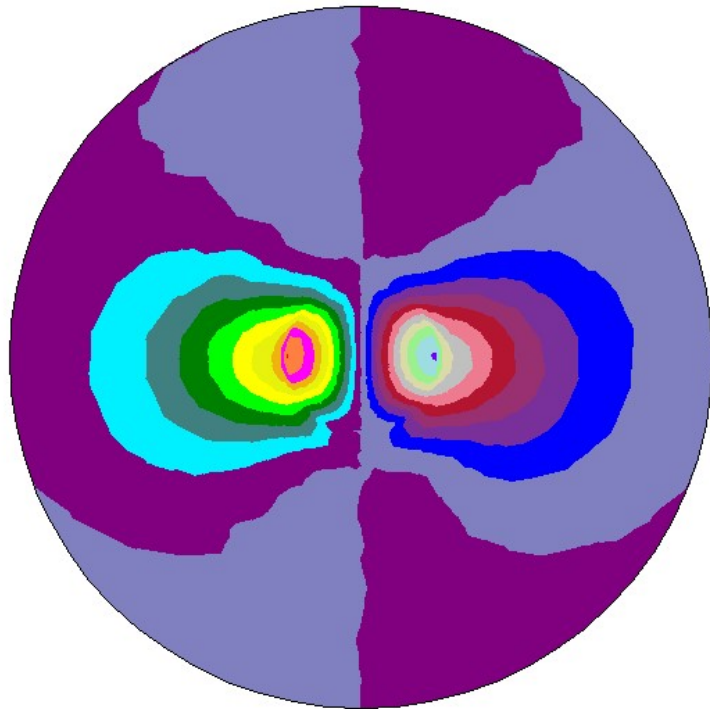
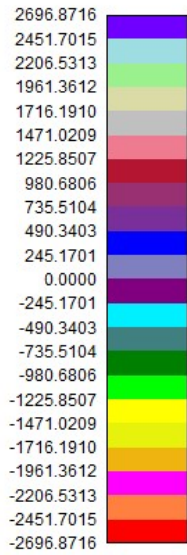
SOLLECITAZIONI_Mx



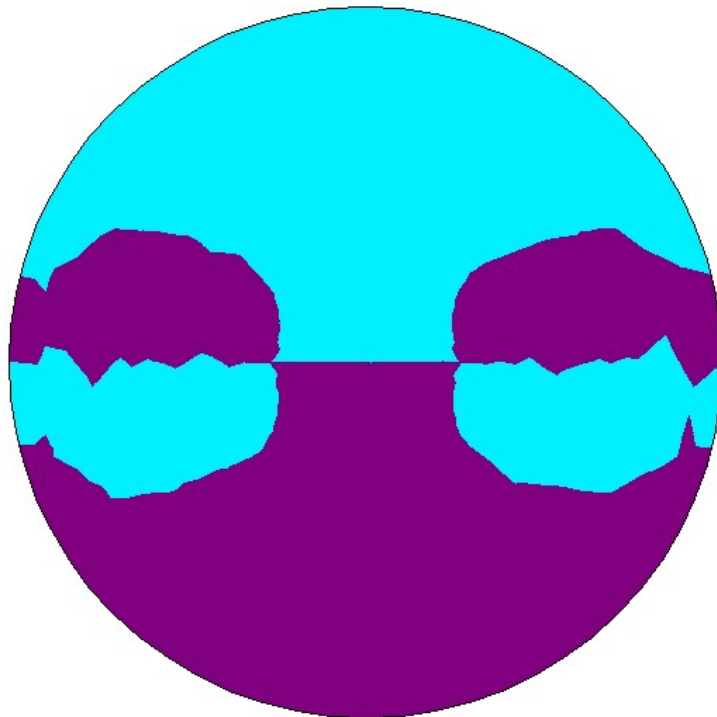
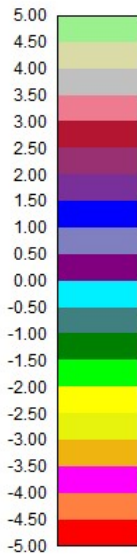
SOLLECITAZIONI_My

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	41 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017



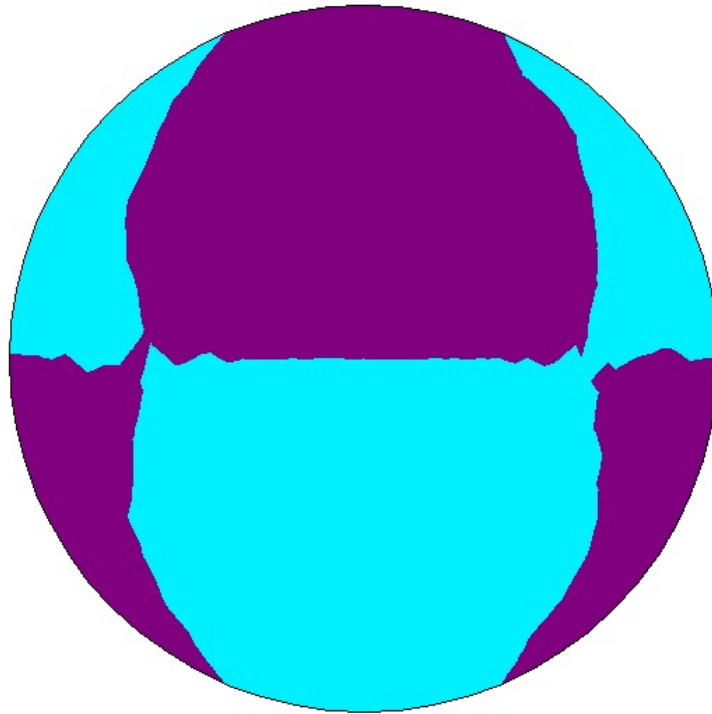
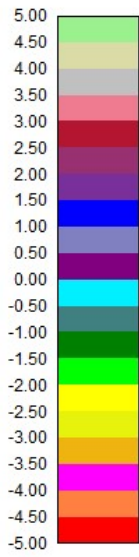
SOLLECITAZIONI_ M_{xy}



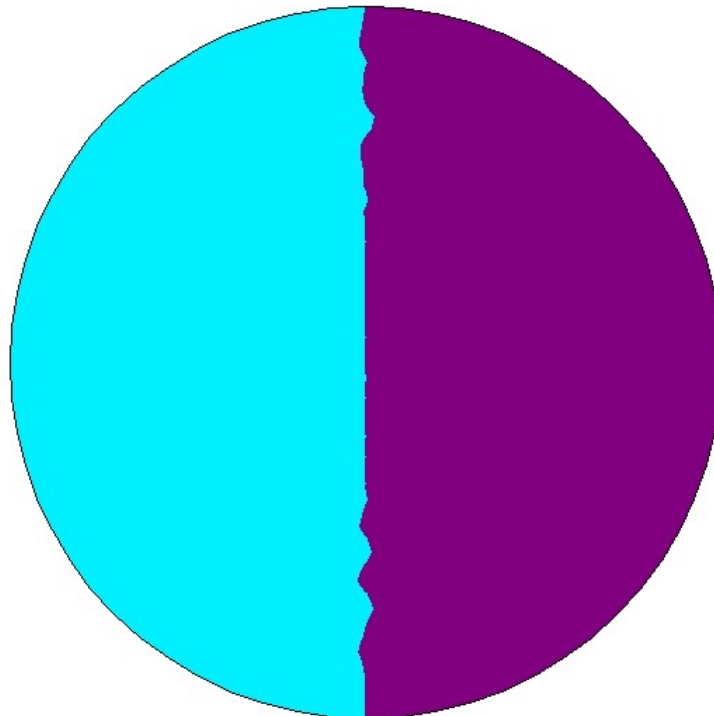
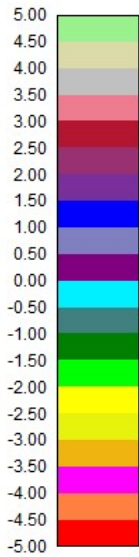
SOLLECITAZIONI_ N_x

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	<i>PAGINA</i>	42 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	<i>REVISIONE</i>	02
		<i>DATA</i>	17/07/2017



SOLLECITAZIONI_Ny



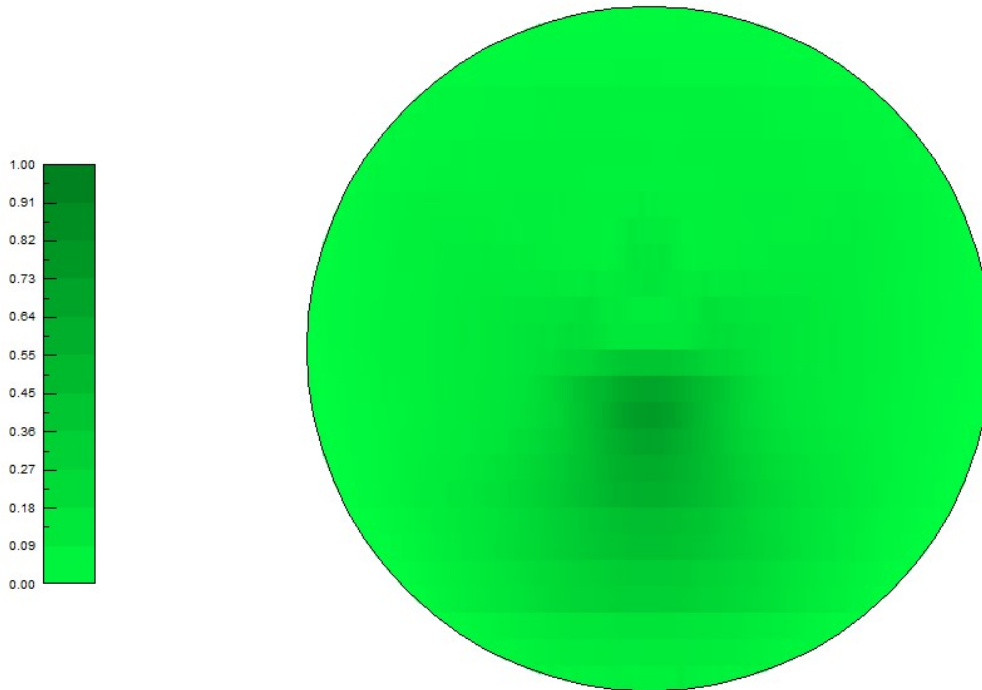
SOLLECITAZIONI_Nxy

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

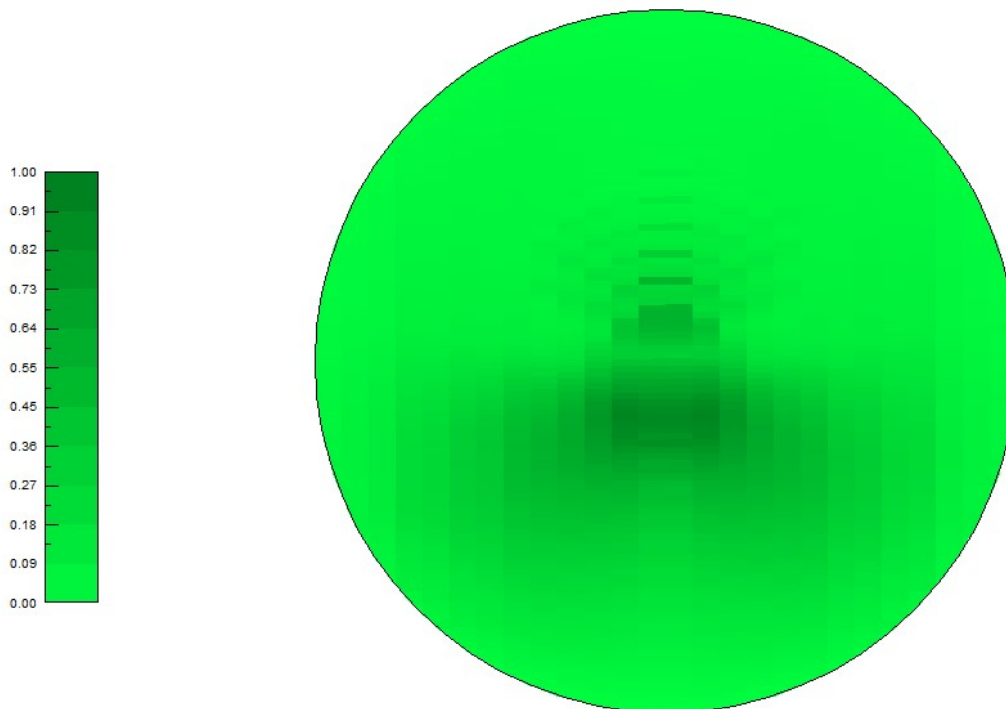
DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ) RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	PAGINA	43 di 53
		REVISIONE	02
		DATA	17/07/2017

7.4 INVILUPPI VERIFICHE STRUTTURALI

Verifica armature _ inviluppo



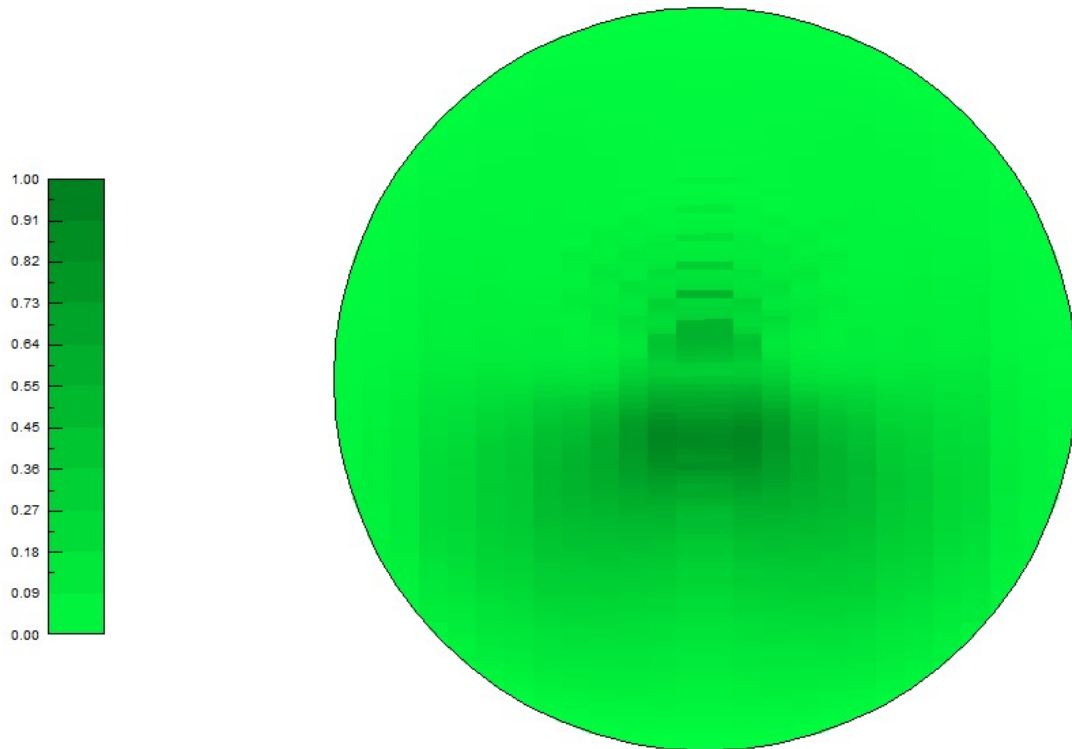
VERIFICA ARMATURE _ DIR. X



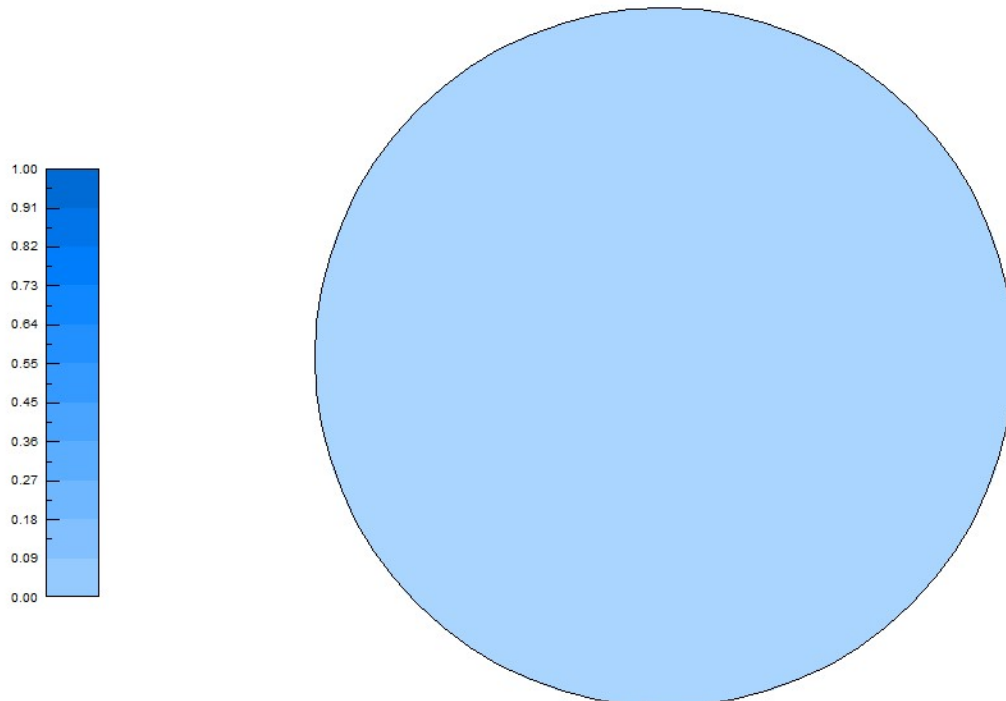
VERIFICA ARMATURE _ DIR. X

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	<i>PAGINA</i>	44 di 53
		<i>REVISIONE</i>	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	<i>DATA</i>	17/07/2017



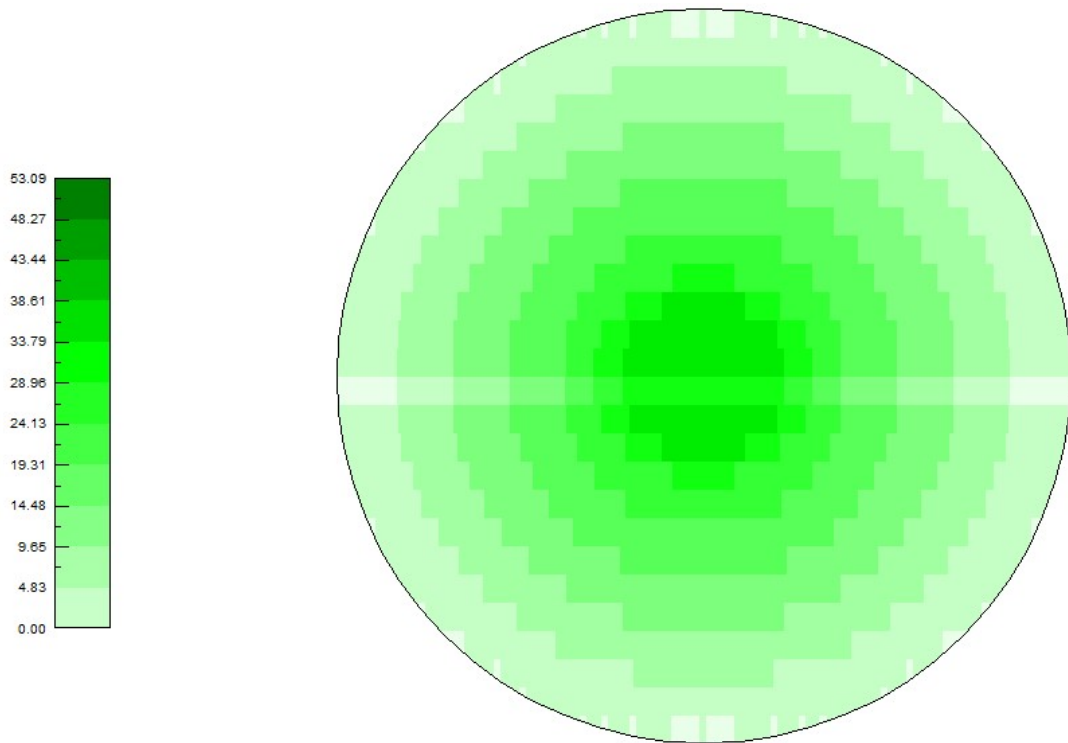
VERIFICA ARMATURE _ IMPEGNO PRESSOFLESSIONALE



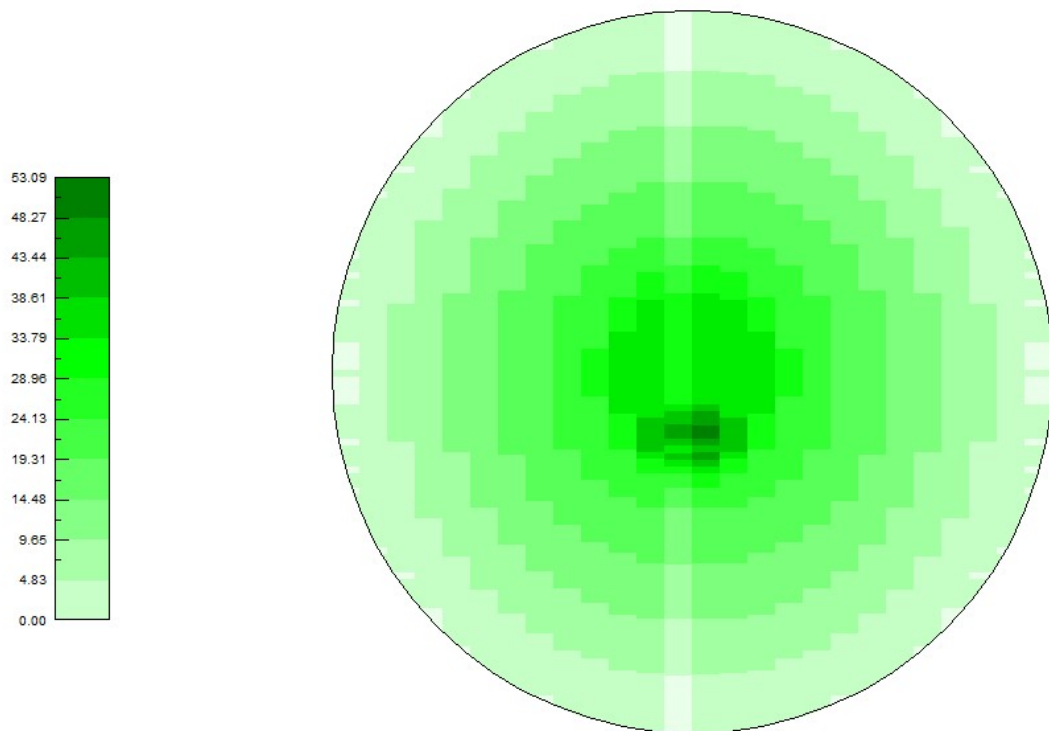
VERIFICA ARMATURE _ IMPEGNO A TAGLIO

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	45 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	REVISIONE	02
		DATA	17/07/2017



VERIFICA ARMATURE _ QUANTITATIVO ARMATURE RICHIESTE – INFERIORI



VERIFICA ARMATURE _ QUANTITATIVO ARMATURE RICHIESTE - SUPERIORI

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	46 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

8 RISULTATI PIASTRA DI FONDAZIONE

Si riporta di seguito le tabelle riassuntive delle azioni più gravose

8.1 CARICHI

Carico totale verticale	66222.5464 [kN]
Carico totale X	0.0000 [kN]
Carico totale Y	1046.5000 [kN]
Eccentricità X	0.00 [m]
Eccentricità Y	-3.22 [m]
Risultante carichi verticali terreno	66222.5464 [kN]
Risultante carichi X terreno	0.0000 [kN]
Risultante carichi Y terreno	1046.5000 [kN]

8.2 PORTANZA

Portanza ultima (Qu)	37907838.4304 [kN]	[1012.96 kg/cmq]
Portanza di progetto (Qd)	37907838.4304 [kN]	
Carico verticale trasferito al terreno (N)	66222.5464 [kN]	
Fattore di sicurezza (Qd/N)	572.431	
B = 23.02 [m]	L = 23.02 [m]	
Nc 60.15	Nc' 100.07	
Nq 47.66	Nq' 76.56	
Ng 54.28	Ng' 28.03	
Pressione massima/minima sul terreno	8.42511	0.22997 [kg/cmq]
Pressione media sul terreno	1.27391 [kg/cmq]	
Pressione geostatica piano di posa	0.69 kg/cmq	

8.3 SCORRIMENTO

Carico agente	T = 1046.5000 [kN]
Resistenza per attrito di progetto	Rd = 265088.1322 [kN]
Contributo spinta passiva	
Coeff. sicurezza	Fs = 253.309

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	47 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

8.4 SCORRIMENTO

Spostamento minimo $w = 0.2100$ [cm] nodo 1
 Spostamento massimo $w = 0.5116$ [cm] nodo 163
 Spostamento differenziale $dw = 0.3016$ [cm]

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	48 di 53
		REVISIONE	02
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	DATA	17/07/2017

9 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE

9.1 TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Per il calcolo di piastre, plinti e graticci si utilizza il metodo degli elementi finiti. Il generatore di mesh permette di utilizzare elementi triangolari o quadrangolari, anche a deformabilità tagliante.

Per le strutture di fondazione il terreno viene modellato con una serie di molle alla Winkler non reagenti a trazione. Il calcolo delle tensioni indotte nelle terreno può essere condotto con i metodi di Boussinesq, Westergaard o Frohlich. Il calcolo dei cedimenti può essere eseguito con il metodo edometrico (con il modulo edometrico o con la curva edometrica) o elastico. Il calcolo della portanza può essere fatto con i metodi di Terzaghi, Meyerhof, Hansen o Vesic.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

9.2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Titolo	API++ Full (Platee, Plinti e Graticci) - Analisi Fondazioni
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Ing. Miglio Giorgio
Licenza	AIU3682FF

9.3 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

9.4 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

9.5 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

9.6 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili

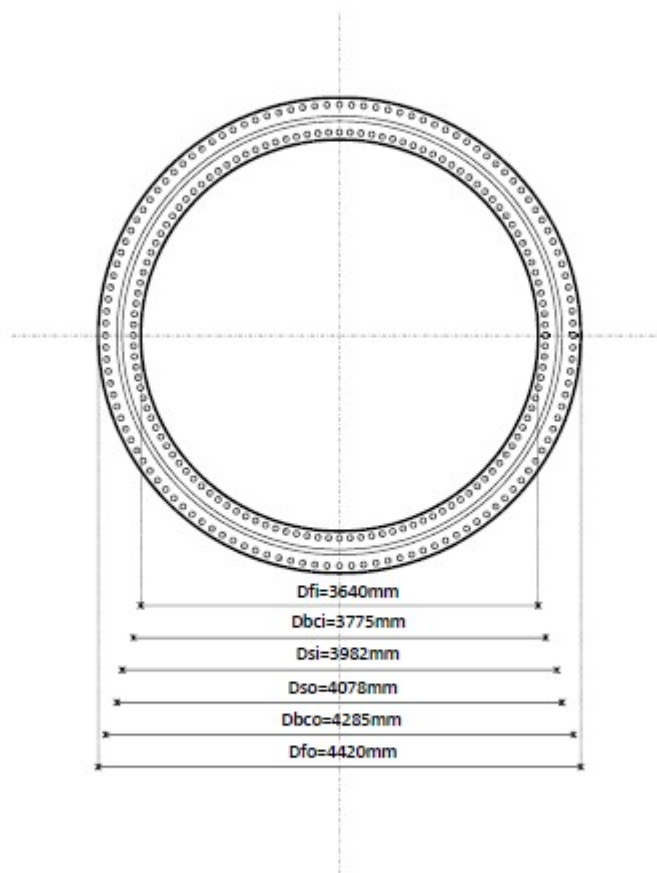
Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	PAGINA	49 di 53
		RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	REVISIONE
	DATA	17/07/2017	

10 ANELLO ANCORAGGIO FORNITI DA SIEMENS

Bottom Flange Geometry - D3-3.15-142-S-T129-600

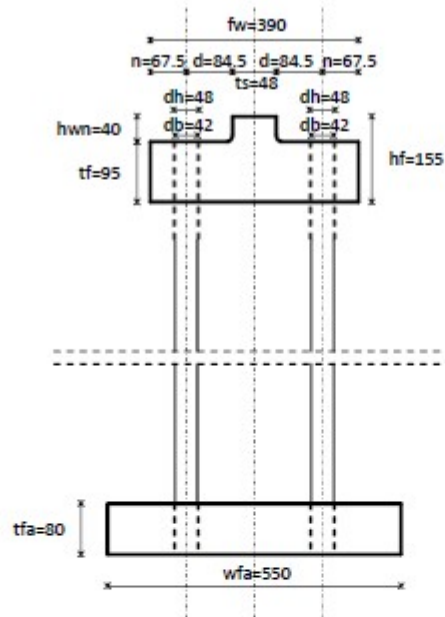
The following are specified in this document.
 Geometry of the bottom flange of the tower
 Required post tensioning force on the foundation bolts
 Required stiffness for the structure below the the bottom flange (e.g. concrete structure + soil)
 Geometry of the anchor ring (in case of SWP design scope)



Dfi = Inner diameter bottom flange
 Dbci = Inner bolt circle diameter
 Dsi = inner shell diameter
 Dso = Outer shell diameter
 Dbco = Outer shell diameter
 Dfo = Outer diameter bottom flange

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					

DR ING. GIORGIO MIGLIO via XXIV Maggio 4 - Bellinzago Nov. tel. 0321 98074 – fax 0321 927007	PARCO EOLICO MONTEMILONE (PZ)	<i>PAGINA</i>	50 di 53
	RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	<i>REVISIONE</i>	02
		<i>DATA</i>	17/07/2017

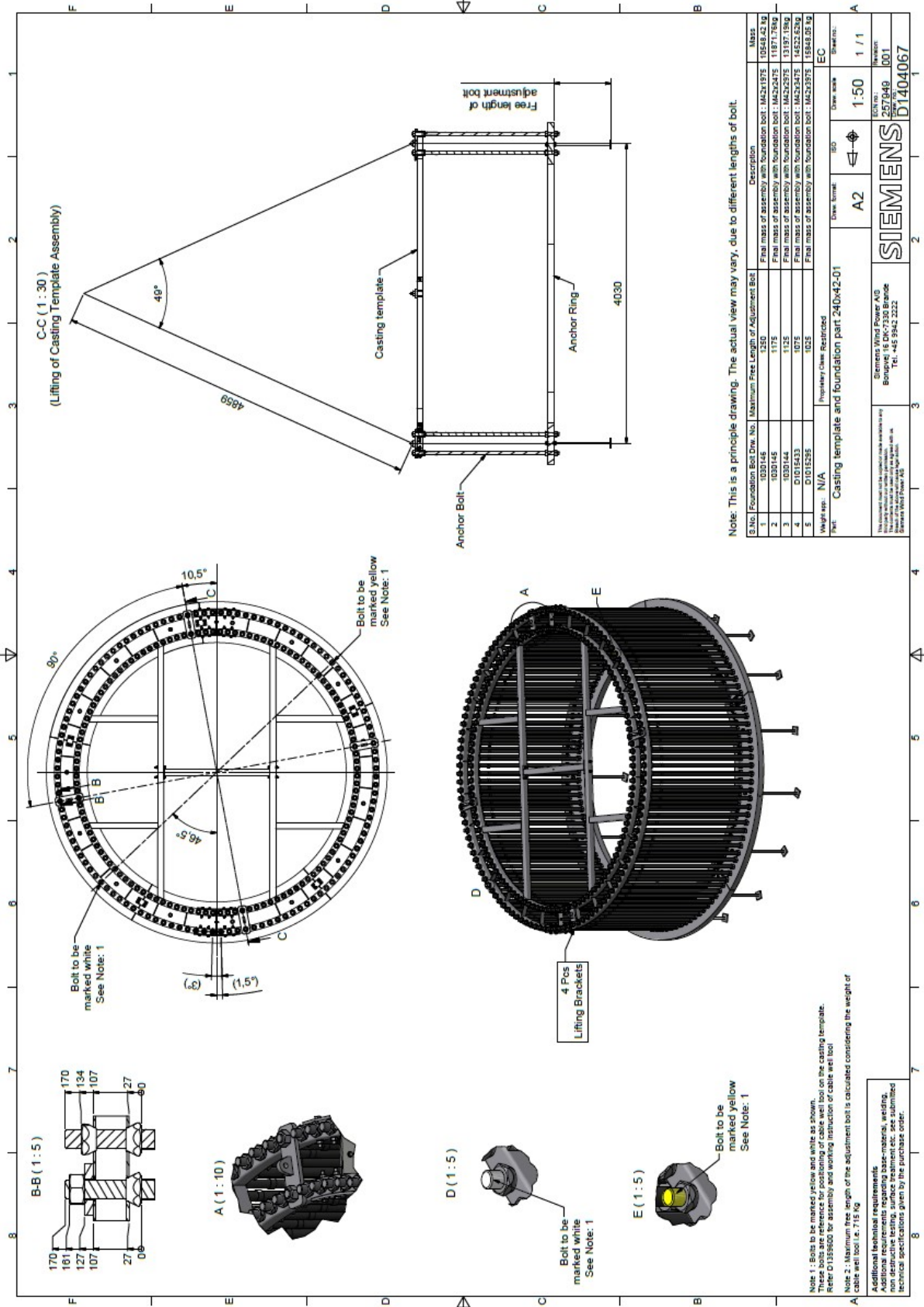


fw	=	Bottom flange width
n	=	Distance from edge to the bolt hole center
d	=	Distance from center bolt hole to welding nose
ts	=	Width of welding nose
tf	=	Bottom flange thickness
hwn	=	Nose height excluding bevel
hf	=	Height flange raw material
dh	=	Hole diameter
db	=	Bolt diameter
tfa	=	Anchor ring thickness (in case of SWP scope)
wfa	=	Anchor ring width

Bolt type according to DIN976-1	=	M42	-
Quality grade foundation bolts	=	8.8	-
Number of bolts in the inner bolt circle	=	120	pcs
Number of bolts in the outer bolt circle	=	120	pcs
Maximum Post Tensioning force, foundation bolts	=	360	kN

Siemens requirements to the combined stiffness of foundation and soil:			
Minimum dynamic rotational stiffness around horizontal axis	=	1500	MNm/deg
Minimum static rotational stiffness around horizontal axis	=	500	MNm/deg
Minimum dynamic stiffness for horizontal translation	=	500	MN/m
The foundation stiffness must meet the SWP requirements, for the foundation loads to be valid			

Commessa	98102	Preparato	STM	Verificato	Ing. Giorgio Miglio
La proprietà del presente documento è riservata a termini di Legge. Qualunque riproduzione o utilizzazione anche parziale non può essere fatta senza autorizzazione scritta.					



Note: This is a principle drawing. The actual view may vary, due to different lengths of bolt.

Note 1: Bolt to be marked yellow and white as shown. These bolts are reference for positioning of cable well top on the casting template. Refer to 1525952 for assembly and working instruction of cable well top.

Note 2: Maximum free length of the adjustment bolt is calculated considering the weight of cable well top i.e. 715 Kg

Additional technical requirements
 Additional requirements regarding base-material, welding, painting, etc. shall be specified in the purchase order. Technical specifications given by the purchase order.

