

REGIONE PUGLIA
COMUNE DI AVETRANA
PROVINCIA DI TARANTO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA,
NONCHE' OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE, DI POTENZA
INSTALLATA DI 63 MW DENOMINATO "AVETRANA ENERGIA"**

OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEL COMUNE DI ERCHIE (BR)

PROGETTO DEFINITIVO

Codice STMG Terna: 201800410 - Identificativo AU Regione Puglia: A7OXWD6

Tavola :

R06a

Titolo :

Relazione sulle Strutture
(art. 26 comma 1, lett c DPR 207/2010)

Aerogeneratori

Cod. Identificativo elaborato :

A7OXWD6_CalcoliPrelStrutture_06a

Progetto:



Via San Lorenzo 155 - cap 72023 MESAGNE (BR)
P.IVA 02549880744 - REA BR-154453 - enerwind@pec.it



Via Milizia n.55 - 73100 LECCE (ITALY)
P.IVA 04258790759 - msc.innovativesolutions@pec.it



Via V.M. Stampacchia, 48
73100 - LECCE
stcprogetti@legalmail.it

Dott. Ing. Fabio Calcarella
Piazza Mazzini, 64 - 73100 - Lecce (LE)
tel. +39 0832 1594953 - fabio.calcarella@gmail.com



Committente:

AVETRANA ENERGIA s.r.l.

Piazza del Grano n.3 - cap 39100 BOLZANO (BZ)
P.IVA 03050420219 - REA BZ 227626 - avetrana.energia@legalmail.it

SOCIETA' DEL GRUPPO

FRI-ELGREENPOWER
THE CLEAN ENERGY COMPANY

FRI-EL GREEN POWER S.p.A.
Piazza della Rotonda, 2 - 00186 Roma (RM) - Italia
Tel. +39 06 6880 4163 - Fax. +39 06 6821 2764
Email: info@fri-el.it - P. IVA 01533770218

Indagine Specialistiche :

Data	Revisione	Redatto	Approvato
Giugno 2020	Prima Emissione	FC-SM	MT

Data: Giugno 2020

Scala : n.a.

File:

Controllato:

Formato: **A4**

Ai sensi e per gli effetti degli art.9 e 99 della Legge n.633 del 22 aprile 1941 , ci riserviamo la proprietà intellettuale e materiale di questo elaborato e facciamo espresso divieto a chiunque di renderlo noto a terzi o di riprodurlo anche in parte, senza la nostra preventiva autorizzazione scritta.

INDICE

0. PREMESSA	2
1. DATI DI INPUT	4
1.1. CARICHI.....	5
1.1.1. AZIONE DEL VENTO SULLA TORRE	5
1.1.2. AZIONE DELLA NEVE	11
1.1.3. CARICHI ESTREMI	11
1.1.4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	12
1.2. INFORMAZIONI GEOTECNICHE.....	14
1.3. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER CARICHI	16
1.4. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER I MATERIALI	17
2. DESCRIZIONE DEL MODELLO.....	18
2.1. FONDAZIONI	18
2.1.1. VERIFICA AL RIBALTAMENTO	22
2.1.2. MODELLO FEM.....	23
2.2. CONDIZIONI AL CONTORNO	25
2.3. CARICHI APPLICATI	25
2.4. CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARE.....	26
2.5. COMBINAZIONI DI CARICO	26
2.6. MATERIALI	27
3. VERIFICHE STRUTTURALI.....	28
3.1. VERIFICA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE	28
3.1.1. SOLLECITAZIONI FLETTENTI AGENTI SULLA STRUTTURA DI FONDAZIONE E VERIFICHE	28
4. REFERENZE	48

O. PREMESSA

QUESTO DOCUMENTO HA LO SCOPO DI ILLUSTRARE IL PROGETTO DEFINITIVO DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE PER LO SVILUPPO DELLE FONDAZIONI PER AEROGENERATORI CON TORRE ALTA 119 METRI (QUOTA DELLA TORRE IN ACCIAIO) E ROTORE DEL DIAMETRO MASSIMO DI 162 METRI (AEROGENERATODA DA 4,2 MW), DEL PARCO EOLICO COMPOSTO DA N. 15 TORRI EOLICHE PREVISTE CON IL PROGETTO IN AGRO DI AVETRANA, PROVINCIA DI TARANTO.

SI PRECISA PRELIMINARMENTE CHE I CARICHI RIGUARDANTI IL PESO DELLA NAVICELLA E L'AZIONE DEL VENTO SU DI ESSA SONO DETERMINATI SULLA BASE DELL'ESPERIENZA DI MACCHINE SIMILI GIÀ INSTALLATE. IN FASE ESECUTIVA LE ANALISI DOVRANNO TENER CONTO DELLE ATTREZZATURE CHE EFFETTIVAMENTE SARANNO INSTALLATE (MODELLO DELLE MACCHINE E RELATIVE AZIONI PASSIVE [PESO] E ATTIVE [VENTO]).

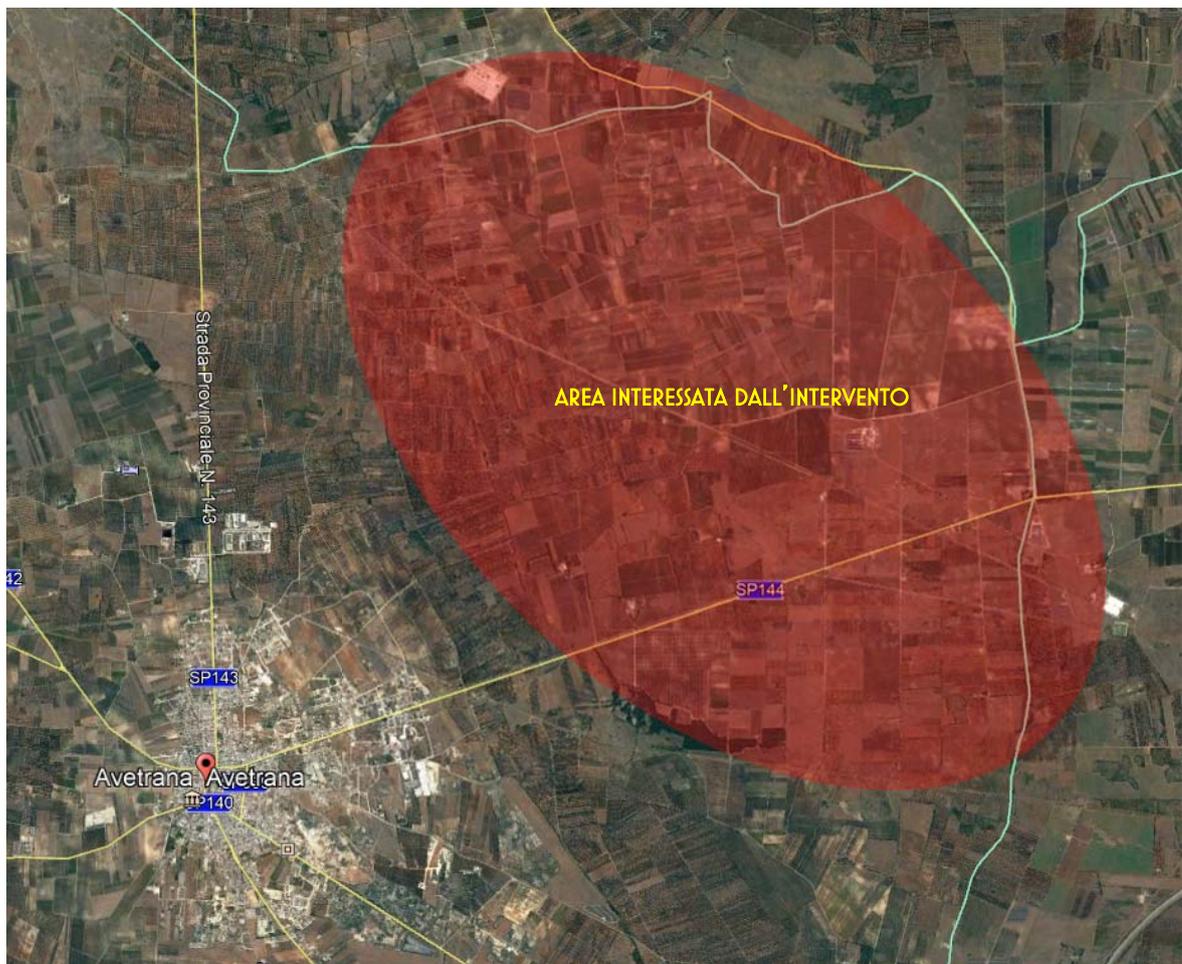


FIGURA I. ORTOFOTO DELL'AREA



FIGURA 2: IN ROSSO LA POSIZIONE DEGLI AEROGENERATORI

I. DATI DI INPUT

NEL SEGUITO SI FARÀ RIFERIMENTO AL SISTEMA DI COORDINATE RIPORTATO NELLA SUCCESSIVA FIGURA 3 PER LA DETERMINAZIONE E DESCRIZIONE DELLE AZIONI CHE IMPEGNANO L'AEROGENERATORE.

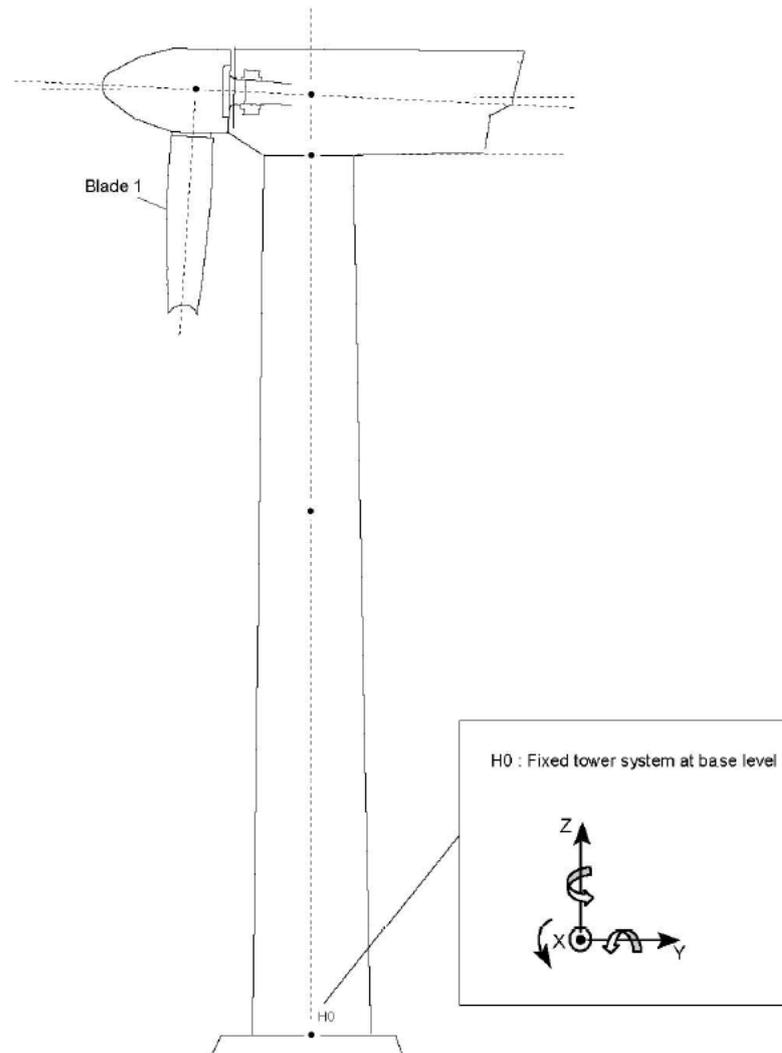


FIGURA 3: SISTEMA DI RIFERIMENTO DELLE COORDINATE ADOTTATO

IN ACCORDO CON LE CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO SARANNO VALUTATI I CARICHI ESTREMI PER L'ANALISI PRELIMINARE DELLE AZIONI IN FONDAZIONE.

SI SOTTOLINEA CHE TALI VALORI SARANNO OGGETTO DI REVISIONE NEI SUCCESSIVI E PIÙ APPROFONDITI LIVELLI DI PROGETTAZIONE.

I.I. CARICHI

I.I.I. AZIONE DEL VENTO SULLA TORRE

L'AZIONE DEL VENTO SULLA TORRE IN ACCIAIO, ALTA 119 M, È VALUTATA SECONDO QUANTO DISPOSTO DA [1]:

TABELLA I: VALUTAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI PER DETERMINARE L'AZIONE DEL VENTO

Carichi caratteristici dovuti all'azione estrema del vento			
Zona		3	Tab. 3.3.1
Altitudine sul livello del mare di riferimento regionale	$a_0 =$	500	Tab. 3.3.1
Altitudine sul livello del mare del sito	$a_s =$	70	
Velocità base di riferimento del vento a livello del mare	$V_{b,0} =$	27	Tab. 3.3.1
Parametro k_s	$k_s =$	0.37	Tab. 3.3.1
Velocità base di riferimento del vento	$V_b [V_{b,0} \text{ per } a_s < a_0; V_{b,0} + k_s (a_s - a_0)] =$	27.00 m/s	Par. 3.3.1
Periodo di ritorno	$T_R =$	50 anni	
Coefficiente di ritorno	$c_r = 0,75 * (1 - 0,2 * \ln(-\ln(1 - (1/T_R))))^{1/2}$	1.00	Par. 3.3.2
Velocità di riferimento del vento	$V_r = V_b * c_r =$	27.00	
Densità convenzionale dell'aria	$\rho =$	1.25	
Viscosità cinematica dell'aria		0.000015	
Pressione cinetica di riferimento	$q_r = 0,5 \rho V_r^2$	45.56 daN/m ²	Par. 3.3.6
Classe di rugosità del terreno		D	
Categoria di esposizione		II	
Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione			
	$k_r =$	0.19	
	$z_0 =$	0.05	
	$z_{min} =$	4.00	
	$z_{max} =$	119.50	
Velocità media del vento	$V_m = V_r * c_m(z)$		
	$c_m(z) = k_r * \ln(z_{min}/z_0) * c_r(z_{min})$	0.83	$z \leq z_{min}$
	$c_m(z) = k_r * \ln(z/z_0) * c_r(z)$	1.48	$z > z_{min}$
	$V_{m, min} =$	22.48	$z = z_{max}$
	$V_{m, max} =$	39.91	
Coefficiente di esposizione			
Coefficiente di topografia	$c_t =$	1.00	
	per $z < z_{min}$	$c_e(z) = c_e(z_{min}) =$	1.80
	per $z > z_{min}$ (variabile - valore per $z=189$ m)	$c_e(z_{max}) = k_r^2 * c_r * \ln(z/z_0) [7 + c_r * \ln(z/z_0)] =>$	4.15
Diametro della torre			
	$d_{min} =$	3.33	
	$d_{max} =$	4.00	
Lunghezza caratteristica "l"	diametro medio $d_m =$	3.66	
Numero di Reynolds	Re (z_{min}) =	5491065	
	Re (z_{max}) =	9747833	
Scabrezza	$k =$	0.00002 m	0.02 mm
	$b =$	3.66	
	$k/b =$	5.45852E-06	
	$c_{xo}(A) =$	0.00 minimo	
		0.00 massimo	
	$c_{xo}(B) =$	0.75 minimo	
		0.77 massimo	
	$\lambda = 0.7 * L/l$	22.73	
	$\psi_\lambda = 0,6 + 0,1 * \log_{10}(\lambda)$	/	$1 \leq \lambda \leq 10$
	$\psi_\lambda = 0,45 + 0,25 * \log_{10}(\lambda)$	0.79	$10 \leq \lambda \leq 100$
	$\psi_\lambda = 0,61 + 0,17 * \log_{10}(\lambda)$	/	$100 \leq \lambda \leq 1000$
	$c_{yo} =$	0.00	
	$c_{mzo} =$	0.00	
	$c_{px} =$	0.59 minimo	
		0.61 massimo	
Pressione cinetica in funzione di c_e (per determinare c_p)			
	minima	$q = q_r * c_{e, min}$	82.04 daN/m ²
	massima	$q = q_r * c_{e, max}$	189.10 daN/m ²
Coefficiente di pressione	$c_p =$	0.77	
Coefficiente dinamico	$c_d =$	1.00	
Pressione del vento	$p = q_r * c_e * c_p * c_d$		

NELLE TABELLE SUCCESSIVE SONO RAPPRESENTATE LE DIMENSIONI DELLA TORRE IN ACCIAIO E IL CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO ALLA QUOTA RELATIVA AL CONCIO CONSIDERATO.

Elemento	H	z	d	F _{zi}	c _e (z)	p	F _{yi}
	[m]	[m]	[m]	[kN]		[kN/m ²]	[kN]
flangia superiore	0.335	119.500	3.238		4.150	1.46	1.58
	0.335	119.165	3.238		4.148	1.46	
11	2.194	119.165	3.238		4.148	1.46	10.40
	2.194	116.971	3.269		4.133	1.45	
10	2.194	116.971	3.269		4.133	1.45	10.46
	2.194	114.777	3.299		4.118	1.45	
9	2.194	114.777	3.299		4.118	1.45	10.52
	2.194	112.583	3.330		4.102	1.44	
8	2.873	112.583	3.330		4.102	1.44	13.86
	2.873	109.710	3.370		4.081	1.44	
7	2.872	109.710	3.370		4.081	1.44	13.95
	2.872	106.838	3.410		4.060	1.43	
6	2.871	106.838	3.410		4.060	1.43	14.04
	2.871	103.967	3.450		4.038	1.42	
5	2.871	103.967	3.450		4.038	1.42	14.12
	2.871	101.096	3.490		4.015	1.41	
4	2.870	101.096	3.490		4.015	1.41	14.20
	2.870	98.226	3.530		3.992	1.41	
3	2.869	98.226	3.530		3.992	1.41	14.27
	2.869	95.357	3.570		3.968	1.40	
2	2.869	95.357	3.570		3.968	1.40	14.34
	2.869	92.488	3.610		3.944	1.39	
1	2.868	92.488	3.610		3.944	1.39	14.41
	2.868	89.620	3.650		3.919	1.38	
flangia inferiore	0.100	89.620	3.650		3.919	1.38	0.50
	0.100	89.520	3.650		3.918	1.38	

Elemento	H	z	d	F _{zi}	c _e (z)	p	F _{yi}
	[m]	[m]	[m]	[kN]		[kN/m ²]	[kN]
flangia superiore	0.100	89.520	3.650		3.918	1.38	0.50
	0.100	89.420	3.650		3.917	1.38	
10	2.061	89.420	3.650		3.917	1.38	10.38
	2.061	87.359	3.670		3.899	1.37	
9	2.061	87.359	3.670		3.899	1.37	10.38
	2.061	85.298	3.689		3.880	1.37	
8	2.063	85.298	3.689		3.880	1.37	10.40
	2.063	83.235	3.709		3.861	1.36	
7	2.887	83.235	3.709		3.861	1.36	14.55
	2.887	80.348	3.736		3.833	1.35	
6	2.886	80.348	3.736		3.833	1.35	14.55
	2.886	77.462	3.763		3.804	1.34	
5	2.886	77.462	3.763		3.804	1.34	14.54
	2.886	74.576	3.791		3.774	1.33	
4	2.886	74.576	3.791		3.774	1.33	14.53
	2.886	71.690	3.818		3.744	1.32	
3	2.885	71.690	3.818		3.744	1.32	14.51
	2.885	68.805	3.845		3.712	1.31	
2	2.885	68.805	3.845		3.712	1.31	14.48
	2.885	65.920	3.873		3.679	1.30	
1	2.885	65.920	3.873		3.679	1.30	14.45
	2.885	63.035	3.900		3.644	1.28	
flangia inferiore	0.115	63.035	3.900		3.644	1.28	0.58
	0.115	62.920	3.900		3.643	1.28	
							133.85

Tronco 4

Elemento	H	z	d	F _{zi}	c _e (z)	p	F _{yi}
	[m]	[m]	[m]	[kN]		[kN/m ²]	[kN]
flangia superiore	0.115	62.920	3.900		3.643	1.28	0.58
	0.115	62.805	3.900		3.641	1.28	
9	2.422	62.805	3.900		3.641	1.28	12.07
	2.422	60.383	3.910		3.611	1.27	
8	2.422	60.383	3.910		3.611	1.27	12.00
	2.422	57.961	3.919		3.580	1.26	
7	2.911	57.961	3.919		3.580	1.26	14.32
	2.911	55.050	3.931		3.541	1.25	
6	2.911	55.050	3.931		3.541	1.25	14.20
	2.911	52.139	3.942		3.500	1.23	
5	2.911	52.139	3.942		3.500	1.23	14.07
	2.911	49.228	3.954		3.456	1.22	
4	2.911	49.228	3.954		3.456	1.22	13.93
	2.911	46.317	3.965		3.411	1.20	
3	2.911	46.317	3.965		3.411	1.20	13.78
	2.911	43.406	3.977		3.363	1.18	
2	2.911	43.406	3.977		3.363	1.18	13.62
	2.911	40.495	3.988		3.311	1.17	
1	2.910	40.495	3.988		3.311	1.17	13.44
	2.910	37.585	4.000		3.257	1.15	
flangia inferiore	0.145	37.585	4.000		3.257	1.15	0.66
	0.145	37.440	4.000		3.254	1.15	

Tronco 3

Elemento	H	z	d	F _{zi}	c _e (z)	p	F _{yi}
	[m]	[m]	[m]	[kN]		[kN/m ²]	[kN]
flangia superiore	0.145	37.440	4.000		3.254	1.15	0.66
	0.145	37.295	4.000		3.251	1.14	
7	2.930	37.295	4.000		3.251	1.14	13.29
	2.930	34.365	4.000		3.191	1.12	
6	2.930	34.365	4.000		3.191	1.12	13.04
	2.930	31.435	4.000		3.127	1.10	
5	2.700	31.435	4.000		3.127	1.10	11.77
	2.700	28.735	4.000		3.063	1.08	
4	2.700	28.735	4.000		3.063	1.08	11.51
	2.700	26.035	4.000		2.993	1.05	
3	2.640	26.035	4.000		2.993	1.05	10.99
	2.640	23.395	4.000		2.918	1.03	
2	2.600	23.395	4.000		2.918	1.03	10.54
	2.600	20.795	4.000		2.837	1.00	
1	2.500	20.795	4.000		2.837	1.00	9.83
	2.500	18.295	4.000		2.749	0.97	
flangia inferiore	0.175	18.295	4.000		2.749	0.97	0.68
	0.175	18.120	4.000		2.743	0.97	

Elemento	H	z	d	F _{zi}	c _e (z)	p	F _{yi}
	[m]	[m]	[m]	[kN]		[kN/m ²]	[kN]
flangia superiore	0.145	18.120	4.000		2.743	0.97	0.56
	0.145	17.975	4.000		2.737	0.96	
6	2.900	17.975	4.000		2.737	0.96	10.94
	2.900	15.075	4.000		2.619	0.92	
5	2.900	15.075	4.000		2.619	0.92	10.41
	2.900	12.175	4.000		2.479	0.87	
4	2.900	12.175	4.000		2.479	0.87	9.77
	2.900	9.275	4.000		2.305	0.81	
3	2.900	9.275	4.000		2.305	0.81	8.94
	2.900	6.375	4.000		2.074	0.73	
2	2.900	6.375	4.000		2.074	0.73	7.75
	2.900	3.475	4.000		1.721	0.61	
1	2.800	3.475	4.000		1.721	0.61	5.17
	2.800	0.675	4.000		0.902	0.32	
flangia inferiore	0.175	0.675	4.000		0.902	0.32	0.21
	0.175	0.500	4.000		0.773	0.27	

LE AZIONI F_{yi} SARANNO APPLICATE AD OGNI SINGOLO ELEMENTO CONCIO NEL MODELLO GENERALE DI CALCOLO ADOTTATO PER LA DEFINIZIONE DELLE AZIONI ALLA BASE.

1.1.2. AZIONE DELLA NEVE

TABELLA 2: DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI PER LA VALUTAZIONE DEL CARICO NEVE SULLA NAVICELLA

Carichi caratteristici dovuti all'azione della neve			
Zona		III	
Coefficiente di esposizione del vento		Battuta dai venti	
Classificazione della costruzione		Copertura ad una falda senza barriera o parapetto	
Dimensione minore in pianta della copertura	W	4.20	m
Dimensione maggiore in pianta della copertura	L	12.80	m
Dimensione equivalente in pianta della copertura	$L_e =$	7.02	m
Altitudine sul livello del mare di riferimento regionale	$a_{s,r} =$	200.00	
Altitudine sul livello del mare del sito	$a_s =$	70.00	
Angolo di inclinazione falda	α	0.00	
Valore caratteristico del carico neve al suolo per $a_s < 200$ m	$q_{s,k} =$	0.60	kN/m ² Par. 3.4.2
Valore caratteristico del carico neve al suolo per $a_s > 200$ m	$q_{s,k} = 0.51 * [1 + (a_s / 481)^2]$	/	
Coefficiente di forma della copertura	$\mu_i =$	0.80	Tab. 3.4.I
Coefficiente di esposizione	$C_E =$	0.90	
Coefficiente termico	$C_t =$	1.00	
Carico neve unitario	$q_s = \mu_i * C_E * C_t * q_{s,k}$	43.20	daN/m ²
Carico neve totale	F_n	2322.43	daN/m ²

IL CARICO RISULTATE CONSIDERATO SULLA NAVICELLA DOVUTO ALLA NEVE RISULTA ESSERE DI 25,00 kN.

1.1.3. CARICHI ESTREMI

IN SINTESI I CARICHI AGENTI SULLA FONDAZIONE DELLA TORRE EOLICA SONO SINTETIZZATI NELLA SUCCESSIVA TABELLA 3:

TABELLA 3: SINTESI DEI CARICHI AGENTI SULLA FONDAZIONE DELLA TORRE EOLICA

Azioni sulla testa della torre (navicella + rotore + vento)						
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
peso navicella			-2560			
neve navicella			-25			
vento navicella	-221	506		-3573	-2086	-1408
peso torre			-3440			
vento torre		539		-34551		
orizzontale navicella					-26421	
momento vento navicella				-60467		
totale	-221	1045	-6025	-98591	-28507	-1408
	1068			102630		

I CARICHI INDICATI IN TABELLA 3 RAPPRESENTANO QUELLI ATTINTI TENUTO CONTO DI [1]. PER TENER CONTO ANCHE DELLE AZIONI DEFINITE SECONDO [27], TALI SOLLECITAZIONI SARANNO INCREMENTATE DEL 10%.

TABELLA 4: CARICHI SECONDO [27]

Azioni						
F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z	h
F_{res}			M_{res}			
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]
1175.20		-6627.08	112892.78		-1548.80	0.20

1.1.4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO È DESCRITTA IN QUANTO DI SEGUITO RIPORTATO, CONSIDERATO CHE:

- L'AREA RICADE IN ZONA CLASSIFICATA 4;
- LE STRUTTURE DI CUI TRATTASI RIENTRANO TRA QUELLE DI INTERESSE STRATEGICO PER LA REGIONE PUGLIA, DUNQUE DEVE ESSERE CONSIDERATA UNA CLASSE D'USO IV (IMPIANTO RIENTRANTE NELLA CATEGORIA DI CENTRALE ELETTRICA).

TABELLA 5: RIASSUNTO DELLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Sito di costruzione: Unnamed Road, 74020 Avetrana TA, Italia LON. 17.77090 LAT. 40.38220 Individua

Contenuto tra ID reticolo: 34808 35030 34809 35031

Tipo di opera: Opera ordinaria Vita nominale V_N : 100

Classe d'uso: Classe IV

<input type="checkbox"/> SLO-Pvr	<input type="text"/>	Ag	<input type="text"/>	Fo	<input type="text"/>	Tc*	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> SLD-Pvr	<input type="text" value="63"/>	Ag	<input type="text" value="0.388139"/>	Fo	<input type="text" value="2.48252"/>	Tc*	<input type="text" value="0.399025"/>
<input checked="" type="checkbox"/> SLV-Pvr	<input type="text" value="10"/>	Ag	<input type="text" value="0.708359"/>	Fo	<input type="text" value="2.87698"/>	Tc*	<input type="text" value="0.529133"/>
<input type="checkbox"/> SLC-Pvr	<input type="text"/>	Ag	<input type="text"/>	Fo	<input type="text"/>	Tc*	<input type="text"/>

Struttura dissipativa

Quota di riferimento: <cm> 0

Altezza della struttura: <cm> 13088.8

Numero piani edificio: 0

Coefficiente θ : 0

Edificio regolare in altezza

Edificio regolare in pianta

Classe B

TABELLA 6: CASO DI SUOLO TIPO "CALCARE"

Categoria del suolo di fondazione	A	
Categoria topografica	T1 - Super...	Coeff. amplificazione topografica S_T
Accelerazione di picco del terreno A_gS : 0.0708 <g>		1
<input type="checkbox"/> Applica semplificazioni per bassa sismicità <input type="checkbox"/> Tipologia diversa nelle due direzioni sismiche		
	Direzione X	Direzione Y
Tipologia strutturale	acciaio a mensola ...	
Periodo T_1	3.28923	3.28923
Coeff. λ	SLV	1
Rapporto di sovrarresistenza (α_U/α_1)	1	1
Valore di riferimento del fattore di comportamento (q_0)	2	2
Fattore riduttivo (K_w)	1	1
Fattore di comportamento dissipativo (q)	2	2
Fattore di comportamento non dissipativo (q_{ND})	1.33333	1.33333
Fattore di comportamento per SLD (q_D)	1.33333	1.33333
Fattore di comportamento per sisma verticale (q_v)		1.5
Smorzamento spettro	<%> 5	Visualizza spettri
Angolo di ingresso del sisma		<grad> 0
Tipo di combinazione sismica		30% esteso

TABELLA 7: CASO DI SUOLO TIPO "SABBIE"

Categoria del suolo di fondazione	C	
Categoria topografica	T1 - Super...	Coeff. amplificazione topografica S_T
Accelerazione di picco del terreno A_gS : 0.1062 <g>		1
<input type="checkbox"/> Applica semplificazioni per bassa sismicità <input type="checkbox"/> Tipologia diversa nelle due direzioni sismiche		
	Direzione X	Direzione Y
Tipologia strutturale	acciaio a mensola ...	
Periodo T_1	3.11819	3.11819
Coeff. λ	SLV	1
Rapporto di sovrarresistenza (α_U/α_1)	1	1
Valore di riferimento del fattore di comportamento (q_0)	2	2
Fattore riduttivo (K_w)	1	1
Fattore di comportamento dissipativo (q)	2	2
Fattore di comportamento non dissipativo (q_{ND})	1.33333	1.33333
Fattore di comportamento per SLD (q_D)	1.33333	1.33333
Fattore di comportamento per sisma verticale (q_v)		1.5
Smorzamento spettro	<%> 5	Visualizza spettri
Angolo di ingresso del sisma		<grad> 0
Tipo di combinazione sismica		30% esteso

SIMBOLOGIA

T_{CC} = TIPO DI COMBINAZIONE DI CARICO

T_R = PERIODO DI RITORNO

A_G = ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA AL SITO

F_0 = VALORE MASSIMO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DELLO SPETTRO IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE

T_{C^*} = PERIODO DI INIZIO DEL TRATTO A VELOCITÀ COSTANTE DELLO SPETTRO IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE

S_S = COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

C_C = COEFFICIENTE FUNZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO

1.2. INFORMAZIONI GEOTECNICHE

PER TUTTE LE INFORMAZIONI INERENTI LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E LA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE SI RIMANDA ALLA RELAZIONE GEOLOGICA E ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA, PARTE INTEGRANTE DELLA PRESENTE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO. SI RIPOSTA DI SEGUITO LO SCHEMA RIASSUNTIVO DEI TERRENI DI FONDAZIONE NELL'AREA IN OGGETTO.

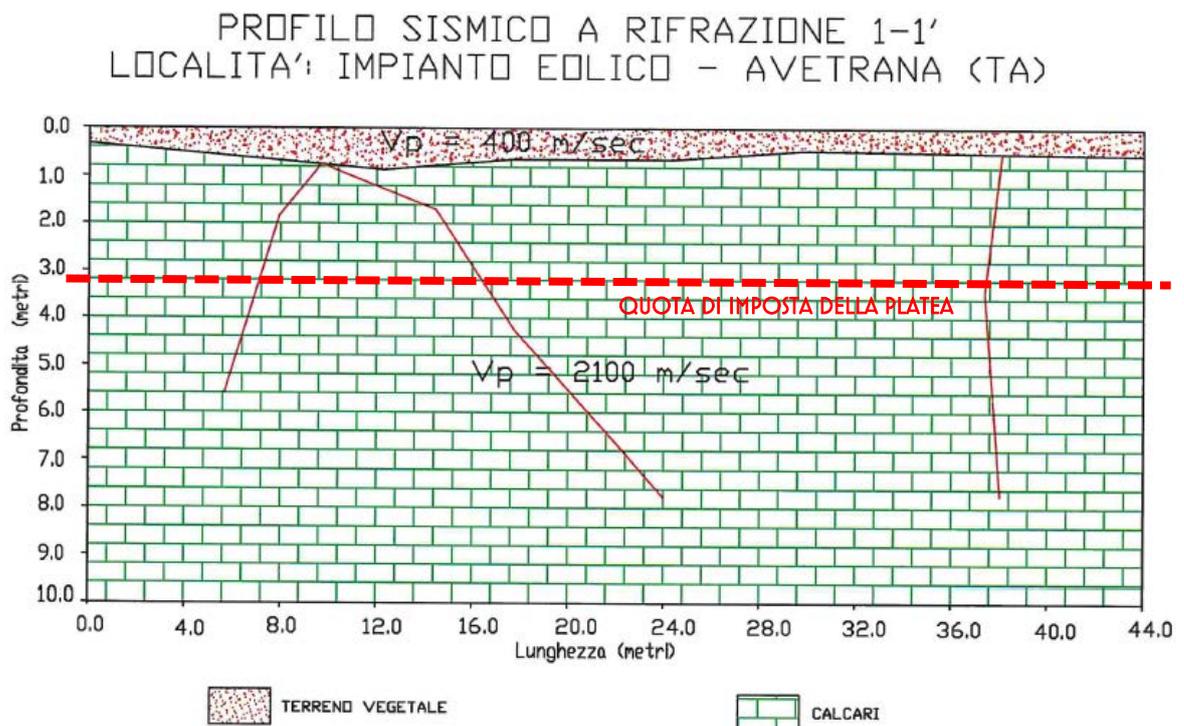


FIGURA 4: STRATIGRAFIA E TIPOLOGIA DI TERRENO DI FONDAZIONE O1 - CALCARI

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'
 LOCALITA': IMPIANTO EOLICO - AVETRANA (TA)

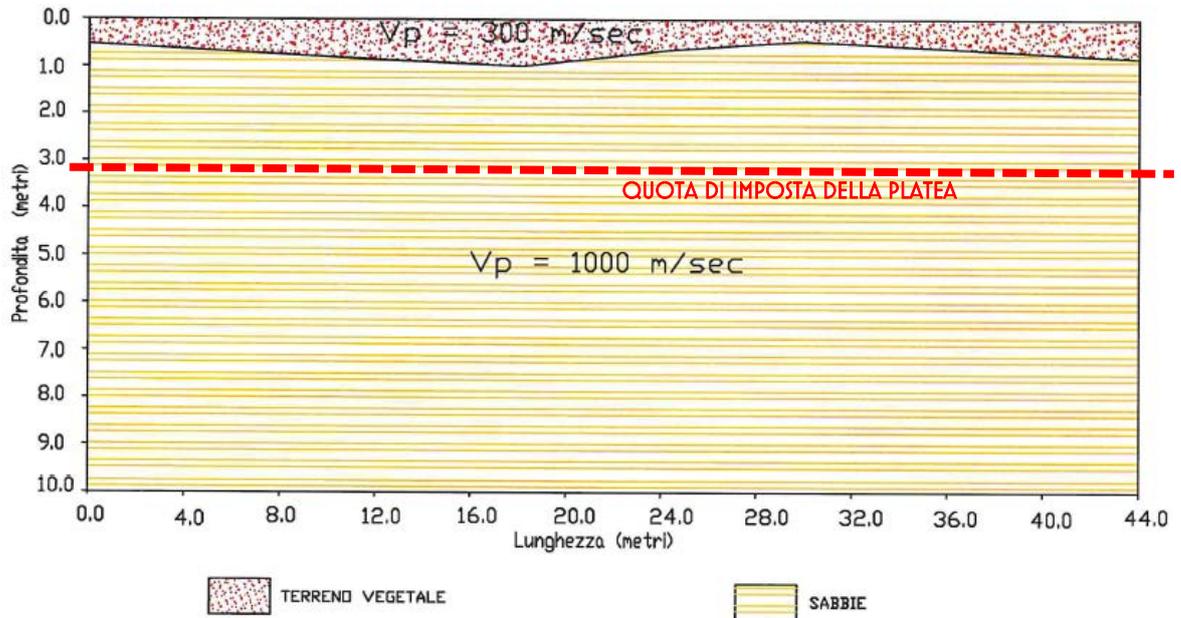


FIGURA 5: STRATIGRAFIA E TIPOLOGIA DI TERRENO DI FONDAZIONE O2 – CALCARENITI

1.3. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER CARICHI

I COEFFICIENTI DI MAGGIORAZIONE DEI CARICHI RACCOMANDATI DALL'EURO CODICE APPLICABILE SONO RIPORTATI NELLA SUCCESSIVA TABELLA RIEPILOGATIVA.

1. VERIFICA DI STABILITÀ (RIBALTAMENTO E SCORRIMENTO)

COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE DEI CARICHI A SFAVORE DELLA SICUREZZA PER RIBALTAMENTO	1,35
COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE DEI CARICHI A SFAVORE DELLA SICUREZZA PER SCORRIMENTO	1,35
COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE DEI CARICHI A FAVORE DELLA SICUREZZA	0,9

2. VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO (USANDO CARICHI CARATTERISTICI):

COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE DEI CARICHI	1
---	---

3. VERIFICA STRUTTURALE DEL CEMENTO ARMATO

COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE PER CARICHI ESTREMI A SFAVORE DELLA SICUREZZA	1,50
COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE PER CARICHI ESTREMI A FAVORE DELLA SICUREZZA	0,9
COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE PER CARICHI A SFAVORE DELLA SICUREZZA (PESO PROPRIO)	1,30
COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE PER CARICHI A FAVORE DELLA SICUREZZA (PESO PROPRIO)	0,9

4. VERIFICA GAP

COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE	1
-------------------------------	---

5. VERIFICA A FATICA

COEFFICIENTE DI MAGGIORAZIONE PER CARICHI A FATICA	1
--	---

1.4. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER I MATERIALI

I COEFFICIENTI DI MAGGIORAZIONE RACCOMANDATI DALL'EURO CODICE APPLICABILE SONO:

1. VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO:

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PER I MATERIALI

2,3

2. VERIFICA STRUTTURALE DEL CEMENTO ARMATO:

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PER ARMATURA

1,15

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PER CEMENTO

1,5

3. GHIERA, BARRE POST-TENSIONATE, CONNETTORI (EC-3, CE-4 E GL):

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PER ACCIAIO E BARRE (CARICHI ESTREMI)

1,1

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PER ACCIAIO E BARRE (CARICHI A FATICA)

1,25

COEFFICIENTE DI SICUREZZA PER CONNETTORI

1,25

2. DESCRIZIONE DEL MODELLO

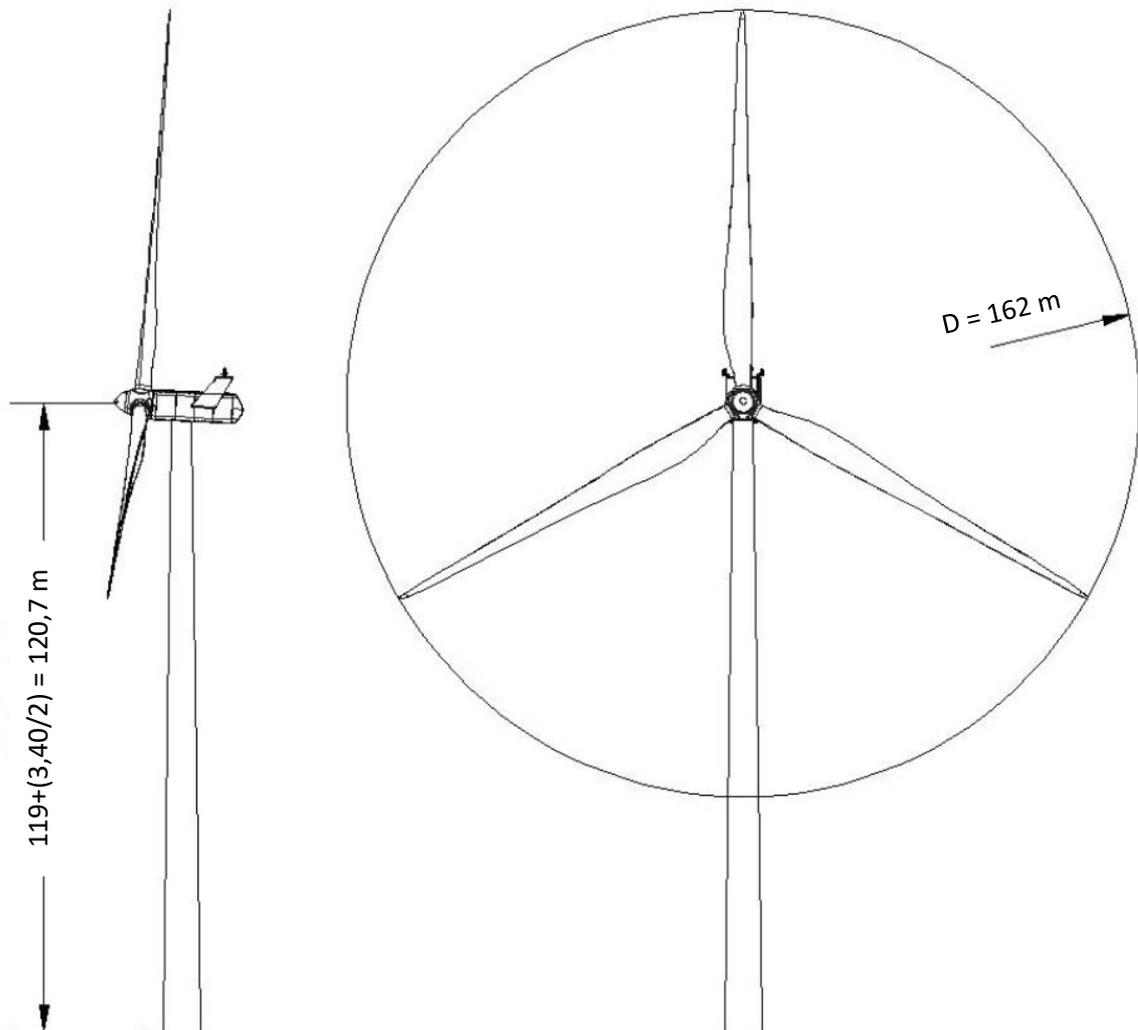


FIGURA 6: SCHEMA E DIMENSIONI DELLA TORRE EOLICA

2.1. FONDAZIONI

PER I TERRENI CLASSIFICATI COME ROCCE, LE TORRI EOLICHE POSSONO RICHIEDERE FONDAZIONI DI TIPO DIRETTO O INDIRETTO COSTITUITE DA:

- FONDAZIONI DIRETTE
 - o PLINTI DI BASE, RAPPRESENTATE DA PLINTI TRONCOCONICI, IN CUI VIENE GENERALMENTE ANNEGATA LA VIOLA DI FONDAZIONE DELLA TORRE IN ACCIAIO;
- FONDAZIONI INDIRETTE

- PLINTI DI BASE, RAPPRESENTATE DA PLINTI TRONCOCONICI, IN CUI VIENE GENERALMENTE ANNEGATA LA VIOLA DI FONDAZIONE DELLA TORRE IN ACCIAIO;
- N. 10 PALI CON DIAMETRO E LUNGHEZZA DA DETERMINARE CASO PER CASO IN FUNZIONE DELLE ANOMALIE GEOTECNICHE RISCOSTRATE NEL CORSO DELLE INDAGINI DI DETTAGLIO SVILUPPATE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO.

PER I TERRENI CLASSIFICATI COME SABBIE, LE TORRI EOLICHE RICHIEDONO FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO COSTITUITE DA:

- PLINTI DI BASE, RAPPRESENTATE DA PLINTI TRONCOCONICI, IN CUI VIENE GENERALMENTE ANNEGATA LA VIOLA DI FONDAZIONE DELLA TORRE IN ACCIAIO;
- N. 10 PALI ϕ 1000 MM E LUNGHEZZA 30 M.

DISCRIMINANTE SULLA SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI FONDAZIONE, NEL CASO DI TERRENI CLASSIFICATI COME ROCCE (CALCARI) È LA CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE SU OGNI SINGOLA POSIZIONE DI INSTALLAZIONE, STUDIO CHE PUÒ IDENTIFICARE IN MANIERA UNIVOCA LA MORFOLOGIA DEL TERRENO FONDALE (COMPATTEZZA, RESISTENZA, PRESENZA DI CAVITÀ CARSIICHE O CARATTERI LEGATI A TALE FENOMENO FISICO).

CON QUESTO PROGETTO PRELIMINARE SI INTENDE FORNIRE AL COMMITTENTE E ALL'ENTE INCARICATO DELLA VALUTAZIONE DEL PROGETTO PRELIMINARE TUTTE LE INFORMAZIONI NECESSARIE A DETERMINARE LA GIUSTA SCELTA IN FASE DI PROGETTO ESECUTIVO, SVILUPPANDO ENTRAMBE LE SOLUZIONI TECNICHE SU ELENCAE.

SI OSSERVA INFINE CHE QUANTO DETERMINATO NELLA PRESENTE RELAZIONE È FRUTTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRETTE CONDOTTE PER LA PRESENTE FASE PROGETTUALE. LA TIPOLOGIA DI FONDAZIONE IN FASE ESECUTIVA PUÒ SUBIRE SOSTANZIALI MODIFICHE IN FUNZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE CHE SARANNO ESEGUITE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA.

NEL CASO IN ESAME, IN PRIMA APPROSSIMAZIONE, SARANNO CONSIDERATE FONDAZIONI DEL TIPO:

- TERRENO COSTITUITO DA ROCCIA CALCARE
 - FONDAZIONE DIRETTA DEL DIAMETRO DI 23 M, ALTEZZA VARIABILE DA CIRCA 1,85 M A CIRCA 3,50 (IN CORRISPONDENZA DELL'ATTACCO VIOLA – TORRE IN ACCIAIO);
- TERRENO COSTITUITO DA SABBIE
 - FONDAZIONE INDIRETTA CON PLATEA SUPERIORE DEL DIAMETRO DI 23 M, ALTEZZA VARIABILE DA CIRCA 1,85 M A CIRCA 3,50 (IN CORRISPONDENZA DELL'ATTACCO VIOLA – TORRE IN ACCIAIO) E N. 10 PALI DI FONDAZIONE PALI ϕ 1000 MM E LUNGHEZZA 30 M.

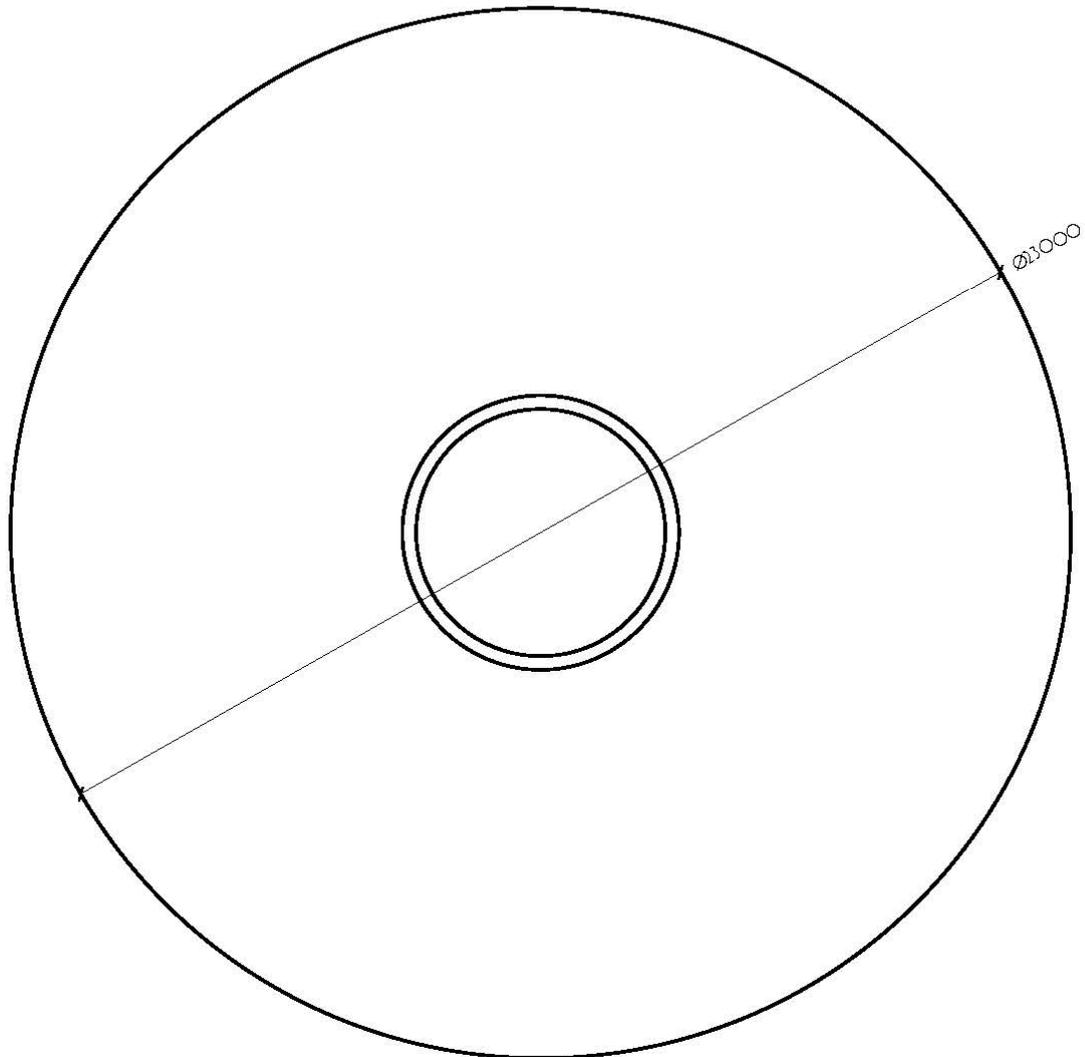
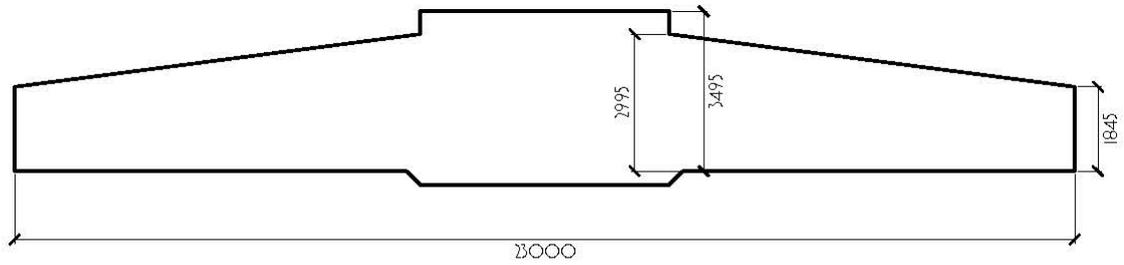


FIGURA 7: FONDAZIONE DIRETTA - PLATEA IN SEZIONE E CARPENTERIA

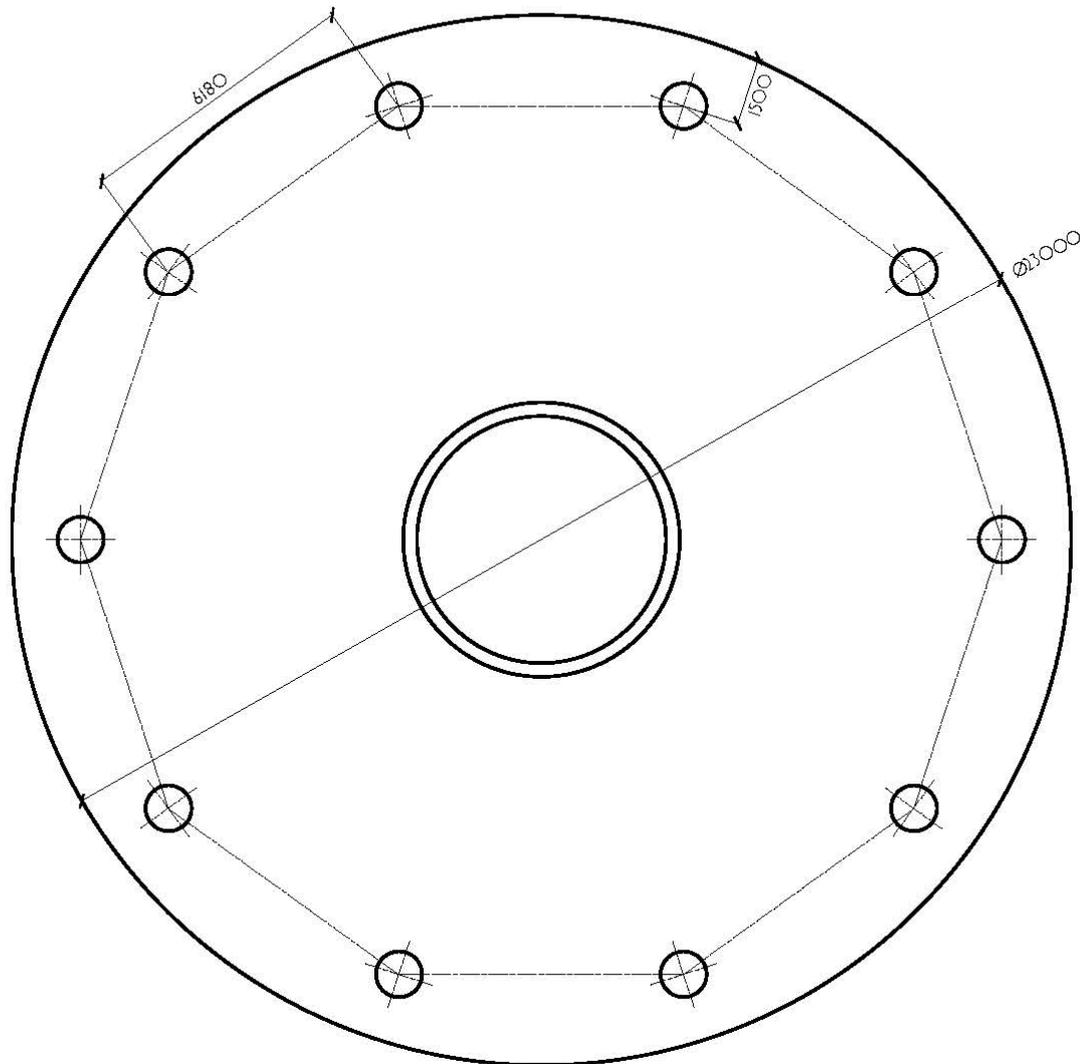
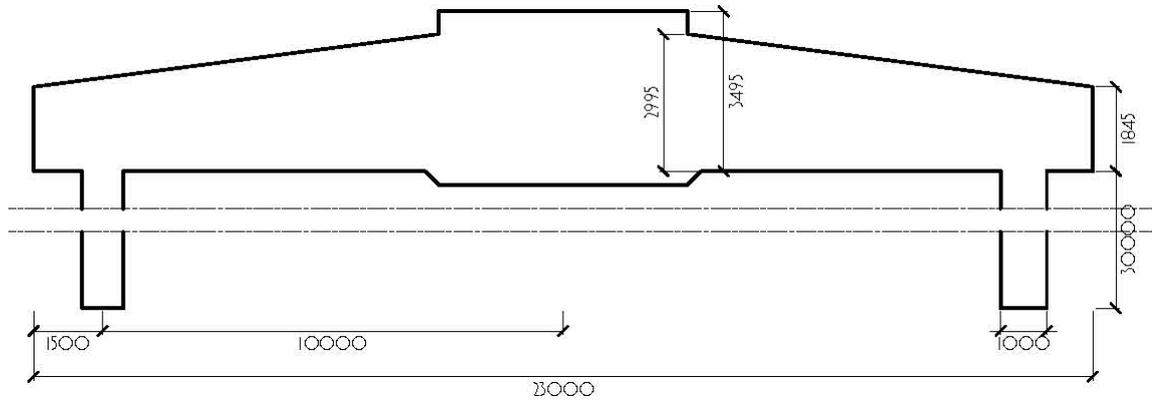


FIGURA 8: FONDAZIONE INDIRETTA - PLATEA E PALI IN SEZIONE E CARPENTERIA

2.1.1. VERIFICA AL RIBALTAMENTO

LA VERIFICA "A STABILITÀ AL RIBALTAMENTO", RAPPRESENTA IL PRIMO STEP PER IL CORRETTO PRE-DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE PER LE TORRI EOLICHE. FACENDO RIFERIMENTO ALLO SCHEMA IN FIGURA 5, NELLA SUCCESSIVA TABELLA 6 È RIPORTATA LA VERIFICA A RIBALTAMENTO.

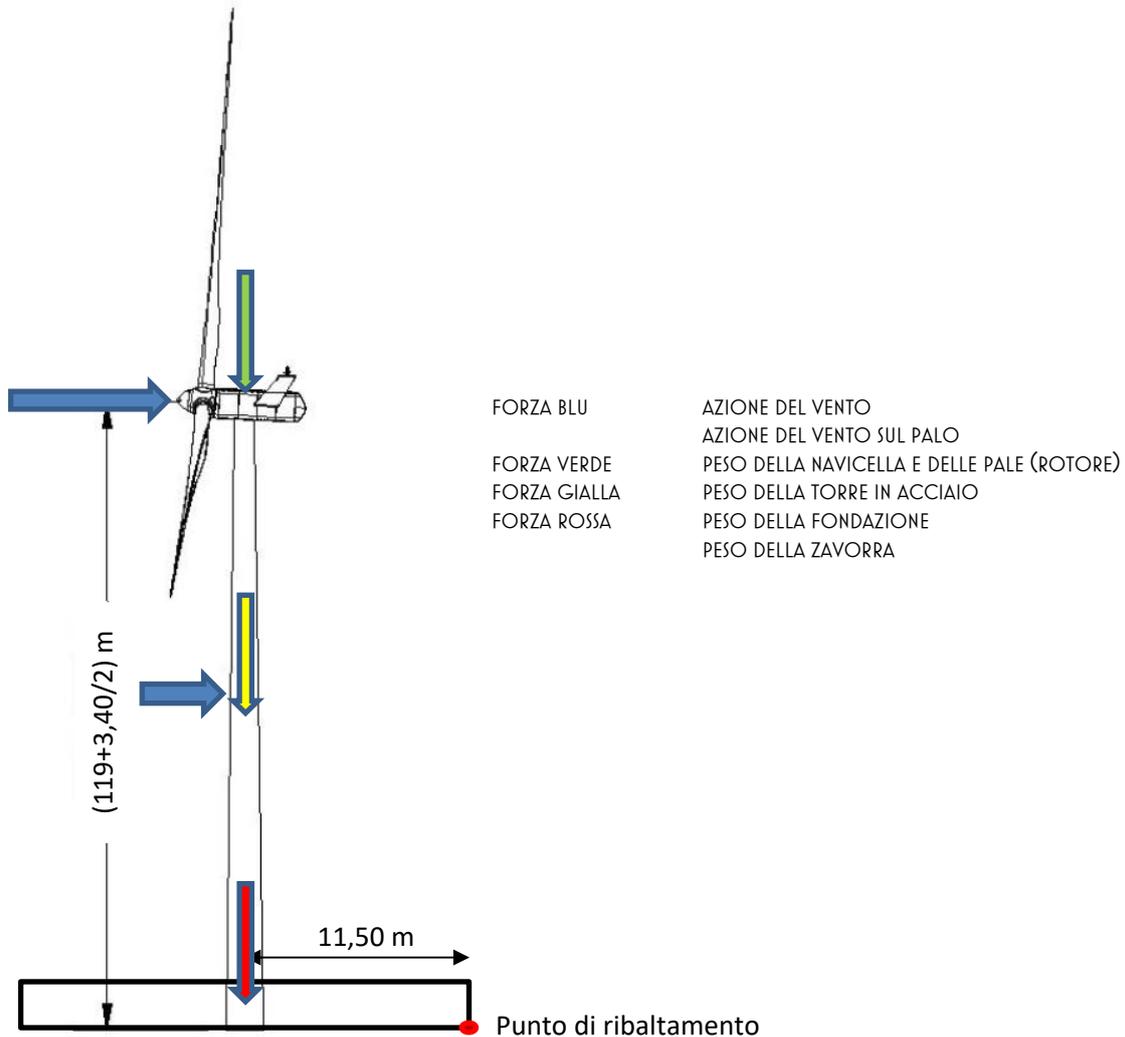


FIGURA 5: SCHEMA STATICO PER LA VERIFICA A RIBALTAMENTO

TABELLA 8

Fondazione							
Plinto							
R ₁	H _{1a}	H _{1b}	R ₂	H ₂	γ _c	γ _z	H _T
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[daN/m ³]	[daN/m ³]	[m]
11.50	1.85	1.15	2.70	0.50	2500	1000	3.50
3.00							
Volume calcestruzzo 01			V ₁	768.63			[m ³]
Volume calcestruzzo 02			V ₂	205.44			[m ³]
Volume calcestruzzo 03			V ₃	11.45			
Volume totale calcestruzzo			V _c	985.52			[m ³]
					2463797 [daN]		Peso plinto
Volume zavorra			V _z	260.91			
					260908 [daN]		Peso zavorra
Verifica al Ribaltamento							
MOMENTO RIBALTANTE:		$M_{rd} = 1,5 * M_{res} + 1.5 * F_{res} * h$					
MOMENTO STABILIZZANTE:		$M_{sd} = W * R_1 + F_z * R_1$					
Momento Ribaltante	M _{rd}	175862	kNm		1.99 Verificato!		
Momento Stabilizzante	M _{sd}	350597	kNm				

2.1.2. MODELLO FEM

LE ANALISI NUMERICHE DA CUI SONO STATI DEDOTTI I VALORI DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO DI SEGUITO RIPORTATE SONO IL RISULTATO DELL'ANALISI SVOLTA CON L'AUSILIO DEL SOFTWARE DI MODELLAZIONE E VERIFICA "MODEST VER. 8.21" E CON IL SOFTWARE DI CALCOLO NUMERICO "XFINEST 2014 VER. 8.7". TUTTI I DETTAGLI DELLE VERIFICHE SONO RIPORTATI NELL'ALLEGATO TABULATO DI CALCOLO.

IL MODELLO DI CALCOLO RIPRODUCE LE IPOTESI PROGETTUALI RAPPRESENTATE DA:

- UNA TORRE IN ACCIAIO COSTITUITA DA UN ELEMENTO TRONCOCONICO CHE SI RASTREMA VERSO L'ALTO;

- UNA FONDAZIONE TRONCO CONICA (DI ALTEZZA MINIMA PARI A 1850 MM E MASSIMA PARI A 3500 MM, CON DIAMETRO DI 23000 MM), CHE ACCOGLIE SULLA SUA SOMMITÀ IL CONCIO (O PIASTRE) DI FONDAZIONE IN ACCIAIO;
- NEL CASO DI SABBIE, N. IO PALI TRIVELLATI DEL DIAMETRO ϕ 1000 MM E LUNGHEZZA TOTALE $L=30000$ MM.

IL COMPORTAMENTO DELLA FONDAZIONE PIANA È STATO ANALIZZATO ATTRAVERSO UN MODELLO A ELEMENTI FINITI (FEM) COMPOSTO DA:

- ASTE CILINDRICHE CHE SI RASTREMANO VERSO LA SOMMITÀ DELLA TORRE;
- ELEMENTI BIDIMENSIONALI DI SPESSORE VARIABILE CHE SIMULANO LA FORMA TRONCOCONICA DEL PLINTO DI BASE;
- N. IO PALI VINCOLATI AL PLINTO TRONCO CONICO.



FIGURA 9: MODELLO SOLIDO DEL COMPLESSO TORRE IN ACCIAIO / BLOCCO DI FONDAZIONE CASO SOLO PLATEA E CASO PLATEA CON PALI

IL CEMENTO ARMATO È STATO SCHEMATIZZATO COME UN MATERIALE OMOGENEO, ISOTROPO A COMPORTAMENTO ELASTICO E LINEARE CON LE SEGUENTI CARATTERISTICHE MECCANICHE:

$$E = 3250 * \sqrt[2]{f_{ck,j}} + 14000 = 3250 * \sqrt[2]{30MPa} + 14000 = 28580 * 10^6 N / m^2$$

$$\mu = 0.2$$

I MODELLI STUDIATI PER QUESTA FASE PROGETTUALE SONO INDICATO COME:

- ST_001-A1 – TORRE FONDATA SU TERRENI DI TIPO CALCARE, LA CUI STRUTTURA DI FONDAZIONE È COSTITUITA DA FONDAZIONI “DIRETTE”, PLATEA DI FONDAZIONE TRONCO CONICA DEL DIAMETRO DI 23000 MM;
- ST_001-A2 – TORRE FONDATA SU TERRENI DI TIPO SABBIE, LA CUI STRUTTURA DI FONDAZIONE È COSTITUITA DA FONDAZIONI “INDIRETTE”, N. 10 PALI DIAMETRO 1000 MM E LUNGHEZZA 30000 MM, VINCOLATI A UNA PLATEA DI FONDAZIONE TRONCO CONICA DEL DIAMETRO DI 23000 MM.

2.2. CONDIZIONI AL CONTORNO

SI RIPORTANO NEL PRESENTE PARAGRAFO LE CONDIZIONI AL CONTORNO APPLICATE PER SIMULARE GLI EFFETTI DEL COMPORTAMENTO NON LINEARE DEL TERRENO A CUI È VINCOLATA LA FONDAZIONE DIRETTA.

IL TERRENO DI FONDAZIONE È STATO SCHEMATIZZATO SECONDO LA TEORIA DEL WINKLER.

IL PESO DEL TERRENO DI RIPIEMIMENTO (DENOMINATO **ZAVORRA**) È STATO APPLICATO COME CARICO DISTRIBUITO NELLA PARTE SOVRASTANTE L'AREA DELLA FONDAZIONE PIANA; IL PESO SPECIFICO MINIMO PRESCRITTO PER TALE MATERIALE È DI 1000 DAN/M³.

LA SPINTA ORIZZONTALE AGENTE SULLE AREE VERTICALI DELLA FONDAZIONE NON È STATA CONSIDERATA PERCHÉ QUESTO CARICO È EQUILIBRATO DALLA FONDAZIONE PIANA.

UNA STRUTTURA AUSILIARIA, DI RIGIDEZZA ADEGUATA, PERMETTE DI APPLICARE I CARICHI DELL'AEROGENERATORE (FORZE E MOMENTI) ALLA STRUTTURA DI FONDAZIONE. CON QUESTA STRUTTURA È STATO OTTENUTO UN MODELLO PIÙ ACCURATO DEL SISTEMA STRUTTURA / FONDAZIONE.

2.3. CARICHI APPLICATI

I CARICHI APPLICATI SONO SINTETIZZATI IN QUANTO SEGUE.

- | | |
|--|-------------------------|
| - PESO PROPRIO DEL CALCESTRUZZO ARMATO | 2500 DAN/M ³ |
| - PESO PROPRIO DEL RIPIEMIMENTO | 1000 DAN/M ³ |

- I CARICHI ESTERNI PROVENIENTI DALLA TORRE E DALL'AEROGENERATORE (FORZE E MOMENTI), SONO APPLICATI ATTRAVERSO LA STRUTTURA AUSILIARIA CHE TRASMETTE I CARICHI DAL NODO CENTRALE AI NODI DI INTERFACCIA

2.4. CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARE

CCE	Commento	Tipo CCE	Sic.	Var.	Peso	C. A.	Dir.	Tipo	s	Mx	My	Mz	Jpx	Jpy	Jpz
1	peso proprio struttura	1 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input checked="" type="checkbox"/>	P			1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2	peso navicella	2 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
3	vento navicella	10 D.M. 08 Variabili	a sfavore	di base	<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
4	vento torre	10 D.M. 08 Variabili	a sfavore	di base	<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
5	neve navicella	11 D.M. 08 Variabili N	a sfavore	di base	<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
6	zavorra	1 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0

L'AZIONE DEI CARICHI SU CITATI È STATA APPLICATA LUNGO UNA SOLA DIREZIONE PRINCIPALE:

- CONSIDERATO CHE LA GEOMETRIA DELLA FONDAZIONE È CIRCOLARE NEL CASO DI FONDAZIONE DIRETTA;
- CHE COINCIDE, NEL CASO DI PALI DI FONDAZIONE CON L'ALLINEAMENTO "CENTRO FONDAZIONE – PALO DI FONDAZIONE" (CONDIZIONE CHE PRODUCE LA MASSIMA SOLLECITAZIONE SULLA FONDAZIONE INDIRETTA).

2.5. COMBINAZIONI DI CARICO

NELLA TABELLA DI SEGUITO RIPORTATA SONO INDICATE LE COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE PER IL CALCOLO E LA VERIFICA DEL MODELLO STRUTTURALE.

CC	Commento	TCC	An.	Bk	1	2	3	4	5	6	SX	SY
1	Amb. 1 (SLU S) S +	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.30
2	Amb. 1 (SLE S) S +X+	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.30
3	Amb. 1 (SLU S) S +	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-0.30
4	Amb. 1 (SLE S) S +X-	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-0.30
5	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.30
6	Amb. 1 (SLE S) S -X+	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.30
7	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	-0.30
8	Amb. 1 (SLE S) S -X-	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	-0.30
9	Amb. 1 (SLU S) S +	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	1.00
10	Amb. 1 (SLE S) S +0.	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	1.00
11	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.30	1.00
12	Amb. 1 (SLE S) S -0.3	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.30	1.00
13	Amb. 1 (SLU S) S +	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	-1.00
14	Amb. 1 (SLE S) S +0.	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	-1.00
15	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.30	-1.00
16	Amb. 1 (SLE S) S -0.3	SLD	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.30	-1.00
17	Amb. 2 (SLU)	SLU	L		1.30	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	0.00	0.00
18	Amb. 2 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
19	Amb. 2 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	0.20	0.20	0.20	1.00	0.00	0.00
20	Amb. 2 (SLE Q)	SLE Q	L		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00



D. E. A.
ING. GIOVANNI LUCA D'AMATO
VIA BENEDETTO CROCE, 23 – 73100 – LECCE
TEL. 0832 194 07 01 – FAX 0832 194 07 02
Email: gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



S.T.C. s.r.l.
Via Vito Mario Stampacchia, 48 – 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

2.6. MATERIALI

I MATERIALI PREVISTI PER LA REALIZZAZIONE DELLA STRUTTURA DI FONDAZIONE SONO:

- CALCESTRUZZO C28/35
- ACCIAIO AD ADERENZA MIGLIORATA B450C
- ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA S355

3. VERIFICHE STRUTTURALI

3.1. FONDAZIONI DIRETTE – TERRENO CALCARE

3.1.1. VERIFICA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE

NEL SEGUITO SI RIPORTA IL PRE-DIMENSIONAMENTO DELLE ARMATURE NECESSARIE A RINFORZARE LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO. IL CALCOLO DETTAGLIATO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE È DETTAGLIATAMENTE RIPORTATA NELL'ALLEGATO TABULATO DI CALCOLO ALLA PRESENTE RELAZIONE.

3.1.1.1 SOLLECITAZIONI FLETTENTI AGENTI SULLA STRUTTURA DI FONDAZIONE E VERIFICHE

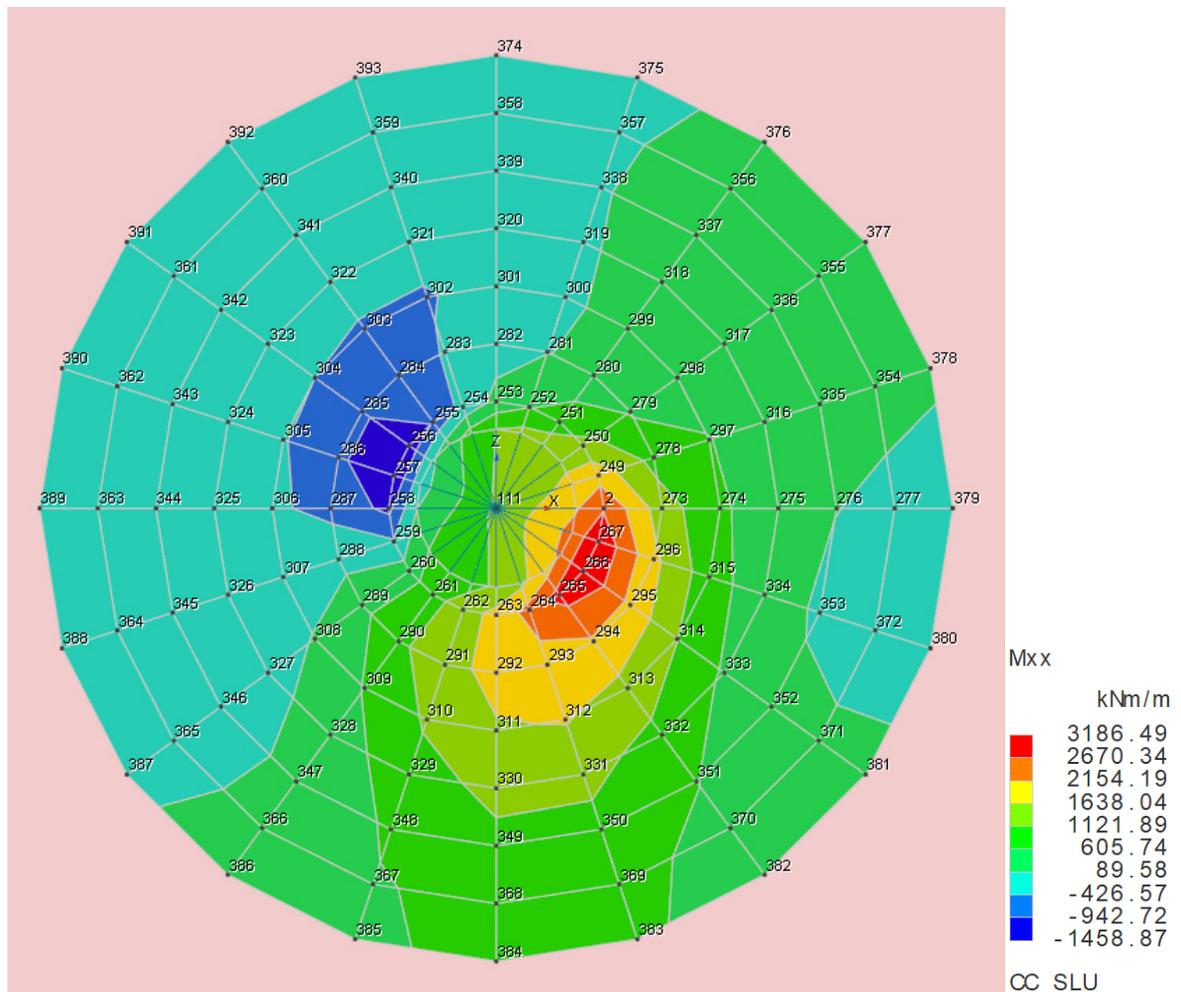


FIGURA IO: DIAGRAMMA DEI MOMENTI CHE PROVOCANO TENSIONI NORMALI IN DIREZIONE X SU FACCE CON NORMALE X

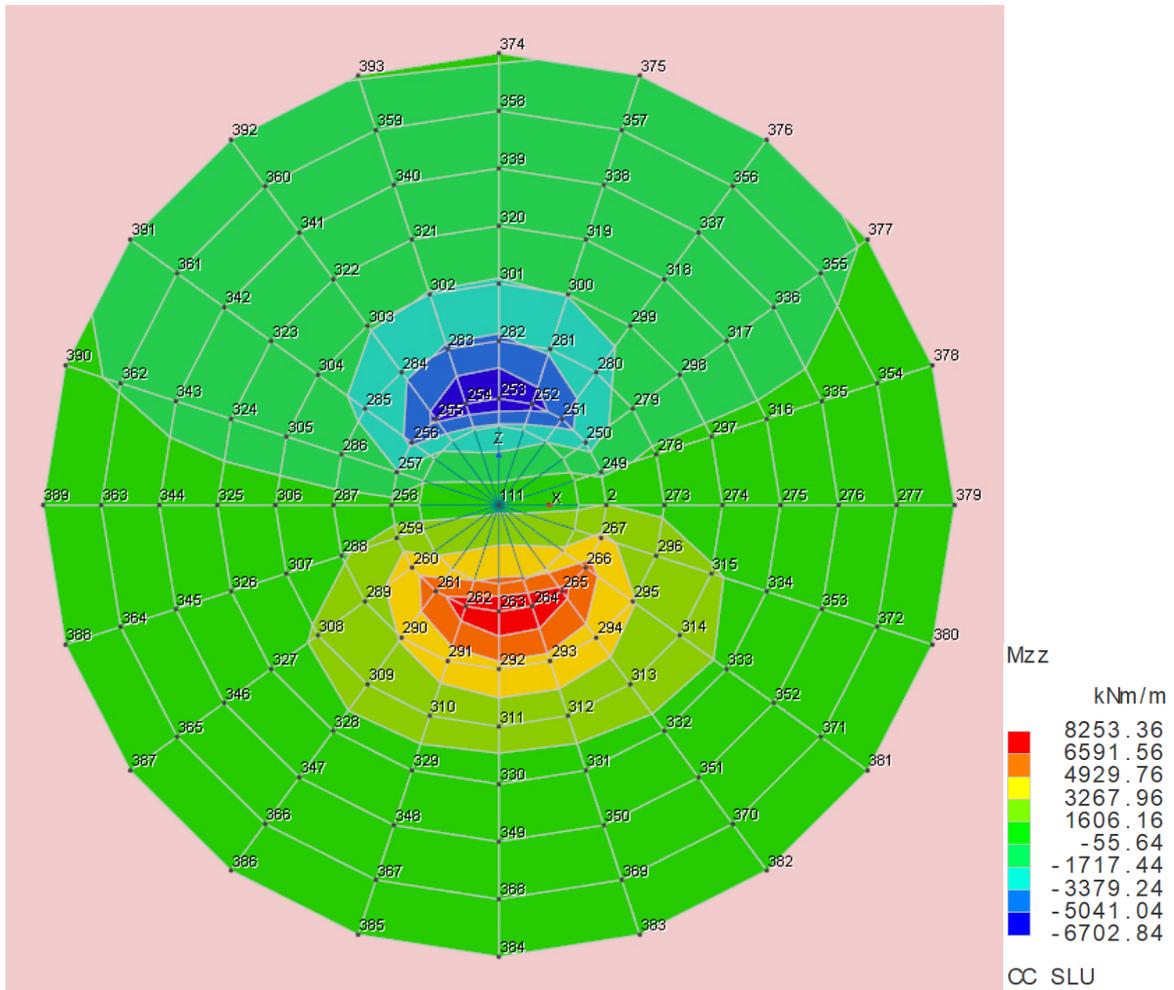


FIGURA II: DIAGRAMMA DEI MOMENTI CHE PROVOCANO TENSIONI NORMALI IN DIREZIONE Z SU FACCE CON NORMALE Z

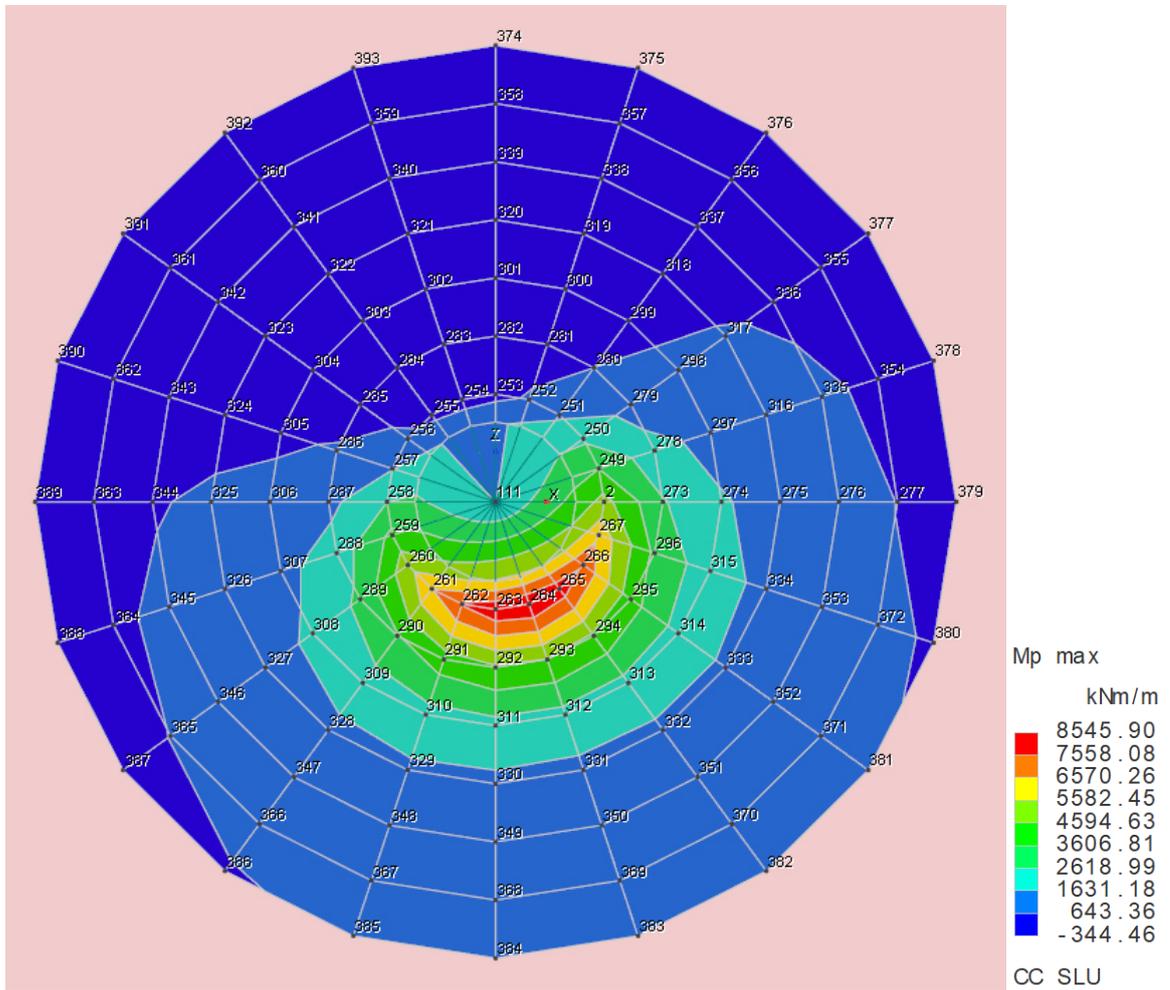


FIGURA I2: DIAGRAMMA DEI MOMENTI PRINCIPALI MASSIMI

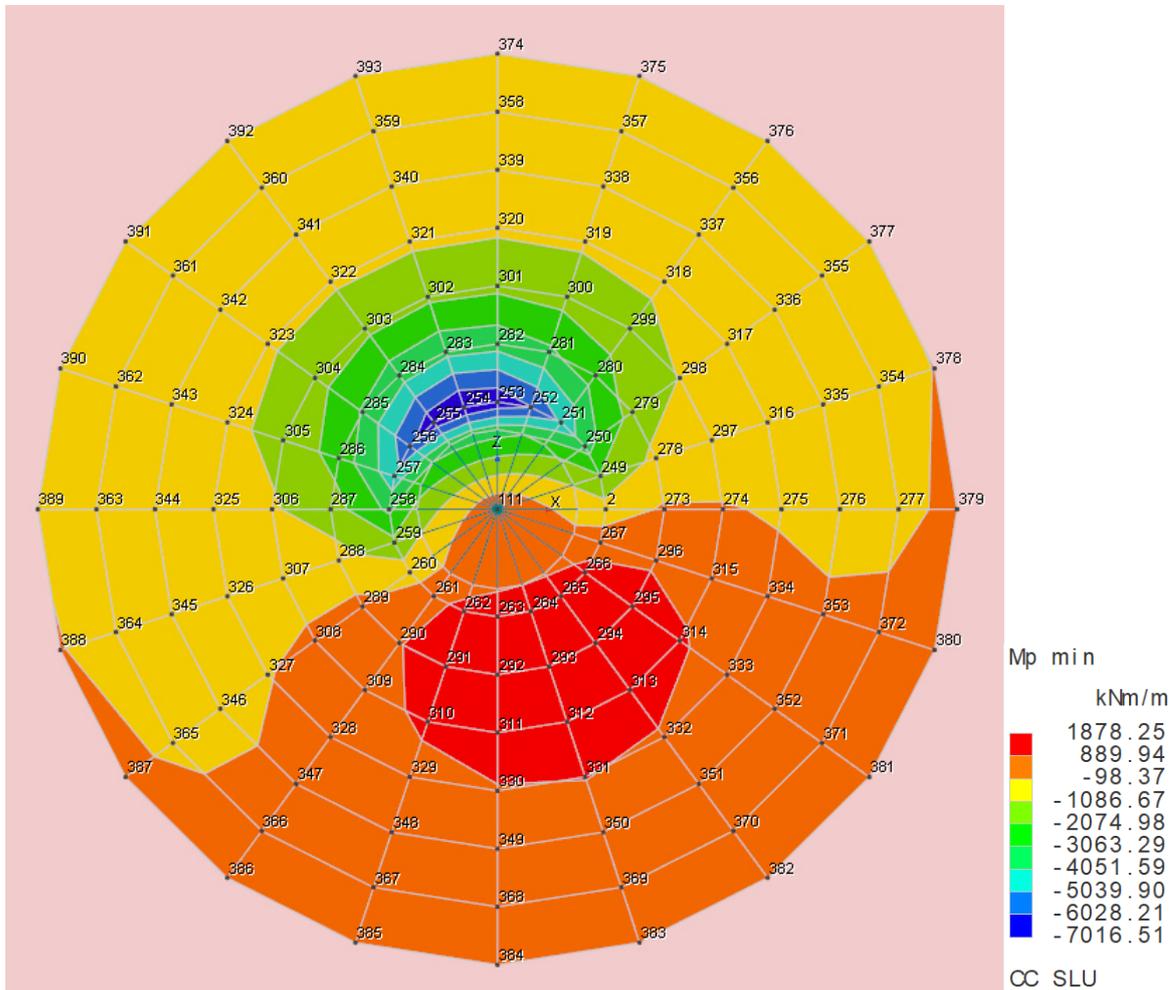


FIGURA 13: DIAGRAMMA DEI MOMENTI PRINCIPALI MINIMI

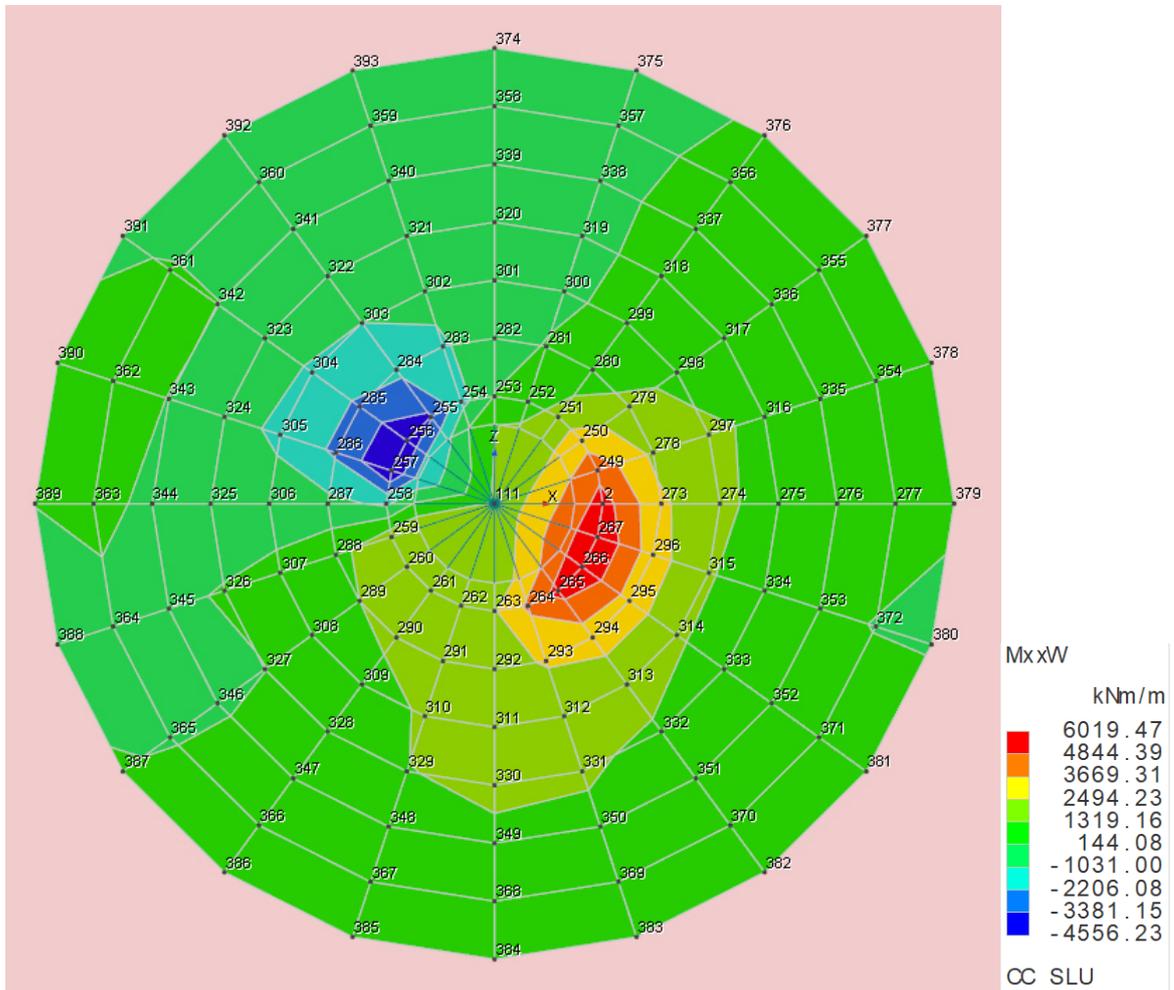


FIGURA I4: DIAGRAMMA DEI MOMENTI DI WOOD IN DIREZIONE X

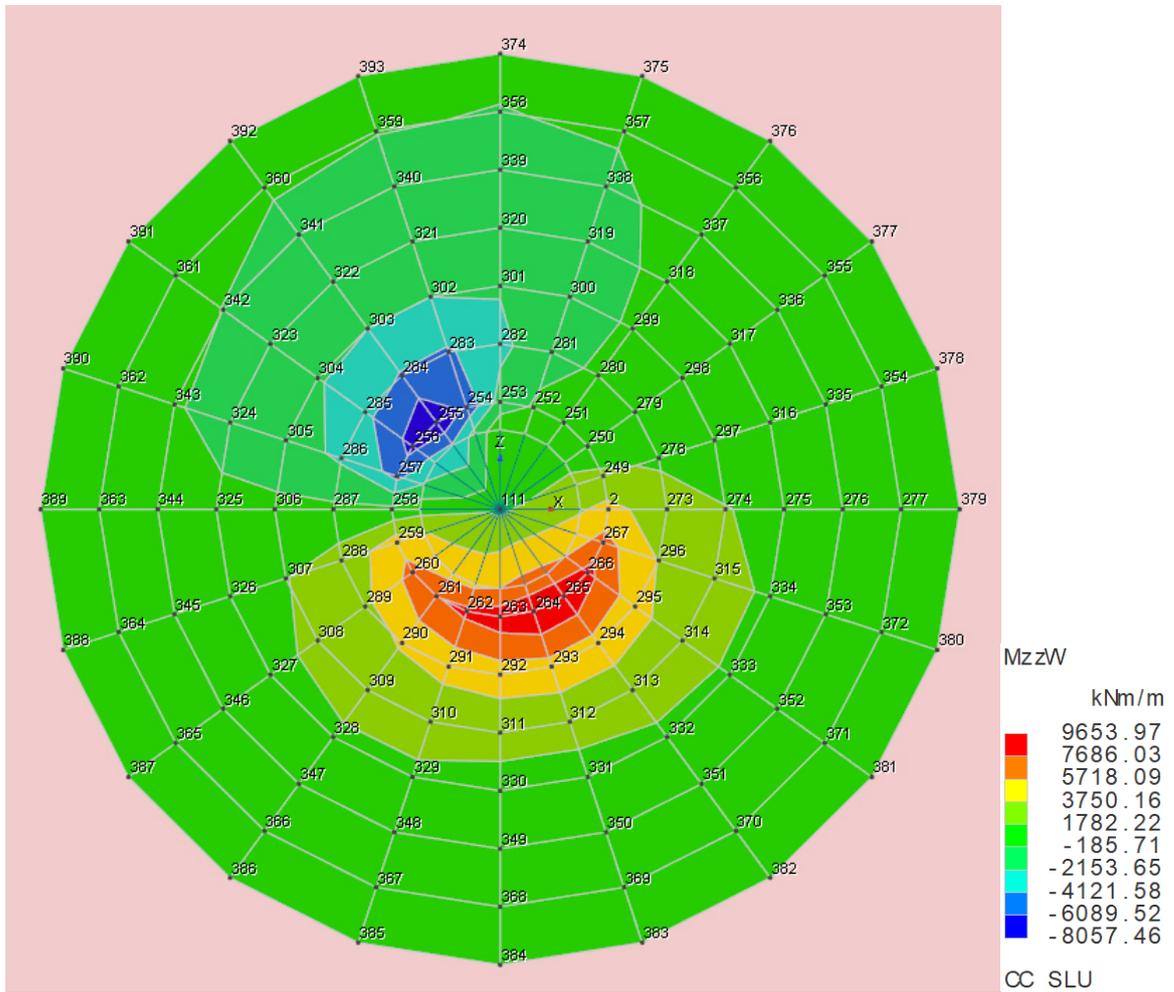


FIGURA 15: DIAGRAMMA DEI MOMENTI DI WOOD IN DIREZIONE Z

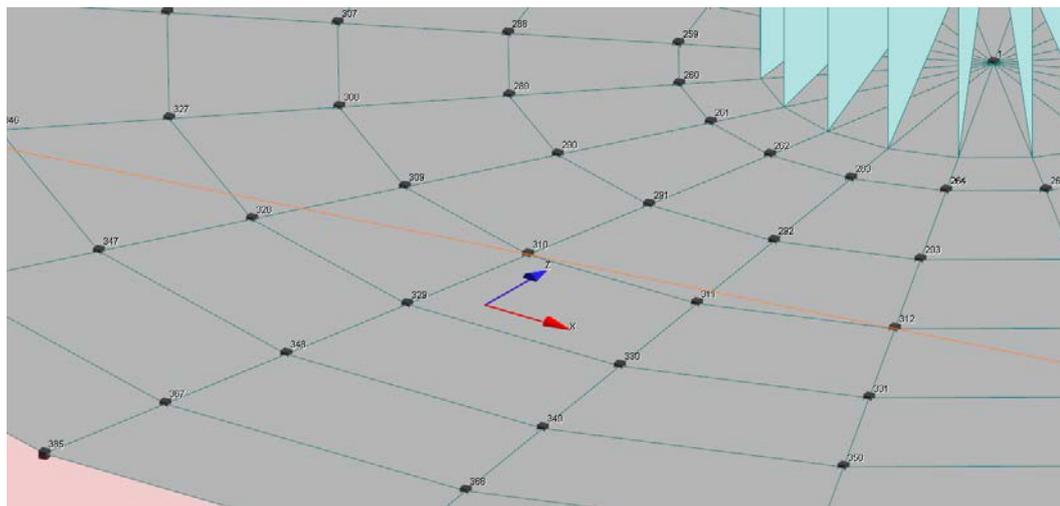


FIGURA 16: DIREZIONE DEGLI ASSI LOCALI PER GLI ELEMENTI BIDIMENSIONALI

Titolo : _____

N° strati barre **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	299.5	1	45.62	9
			2	68.42	290

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C28/35

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200,000 N/mm²	f_{cd}	15.87
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6667
		τ_{c1}	1.971

M x_{Rd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x x/d

δ

Calcola MRd **Dominio M-N**

L_o cm **Col. modello**

Precompresso

ARMATURA ANULARE ZONA PIEDE – VERIFICA PER OGNI METRO LINEARE DI IN DIREZIONE RADIALE

6+6 ϕ 22 DISPOSTI SU 2 STRATI SUPERIORI

9+9 ϕ 22 DISPOSTI SU 2 STRATI INFERIORI

$M_{SD} = 6020$ KNM

$M_{RD} = 7581$ KNM

$C_s = 1,25$

3.2. FONDAZIONI INDIRETTE – TERRENO SABBIE

3.2.1. VERIFICA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE

NEL SEGUITO SI RIPORTA IL PRE-DIMENSIONAMENTO DELLE ARMATURE NECESSARIE A RINFORZARE LA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO. IL CALCOLO DETTAGLIATO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE È DETTAGLIATAMENTE RIPORTATA NELL'ALLEGATO TABULATO DI CALCOLO ALLA PRESENTE RELAZIONE.

3.2.1.1 SOLLECITAZIONI FLETTENTI AGENTI SULLA STRUTTURA DI FONDAZIONE E VERIFICHE

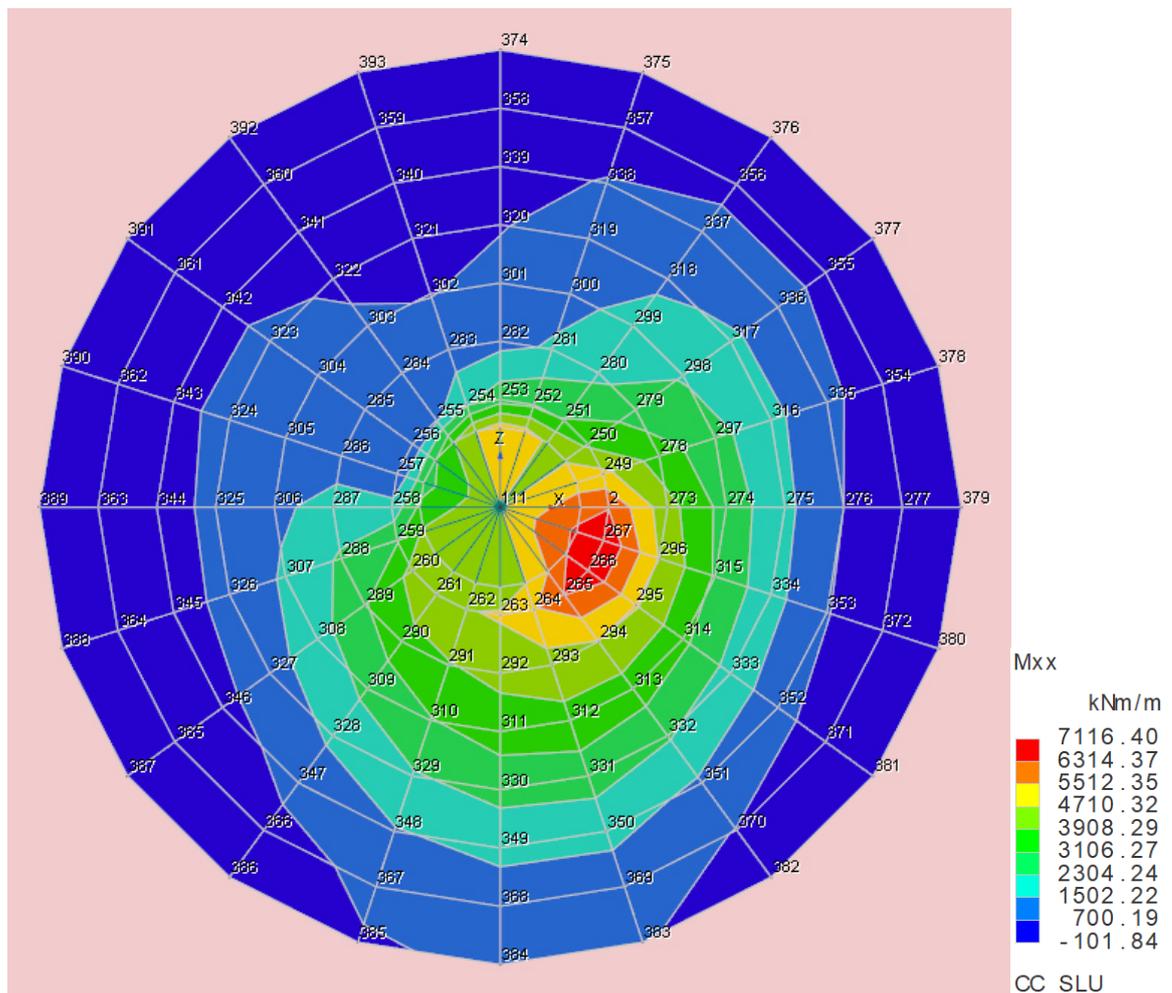


FIGURA I7: DIAGRAMMA DEI MOMENTI CHE PROVOCANO TENSIONI NORMALI IN DIREZIONE X SU FACCE CON NORMALE X

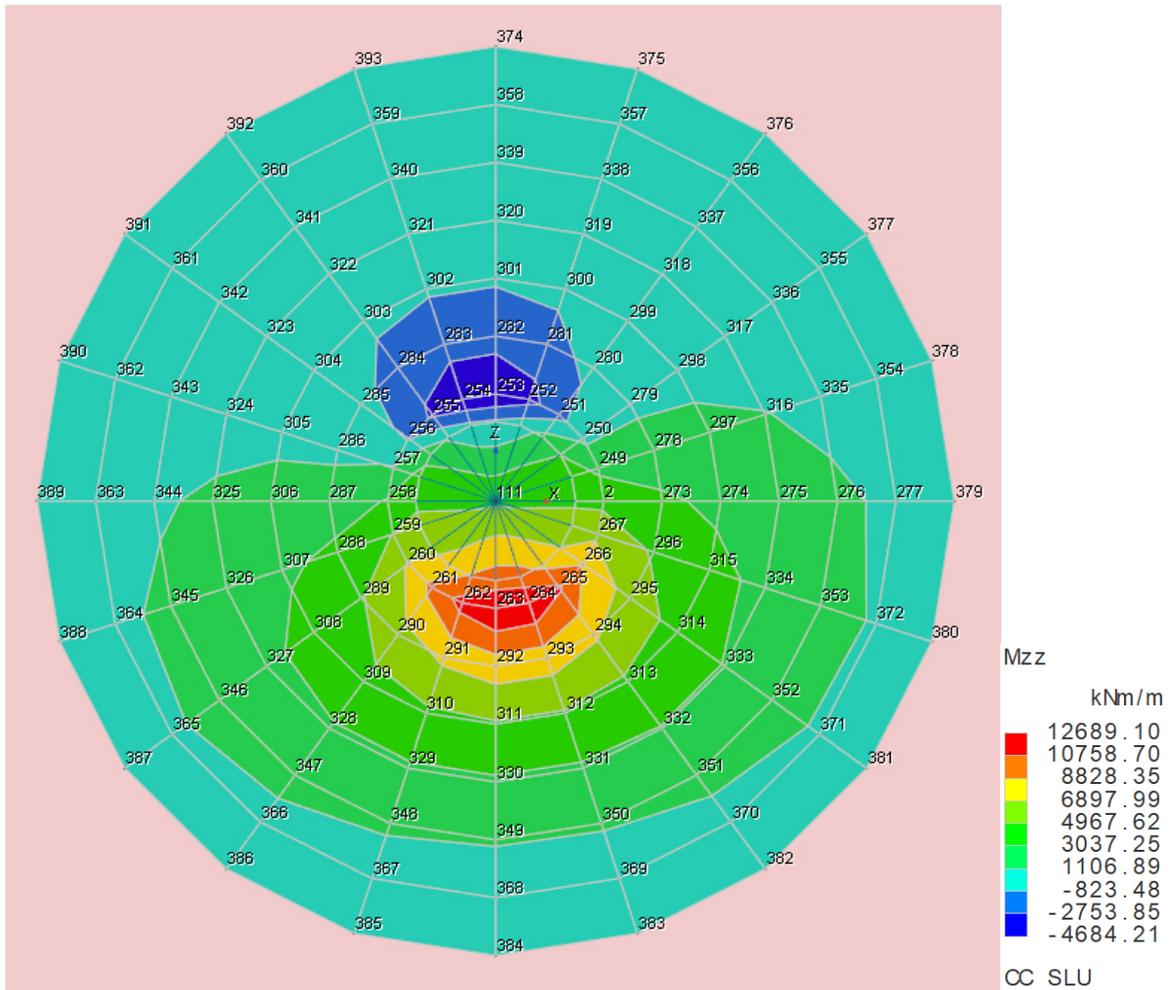


FIGURA 18: DIAGRAMMA DEI MOMENTI CHE PROVOCANO TENSIONI NORMALI IN DIREZIONE Z SU FACCE CON NORMALE Z

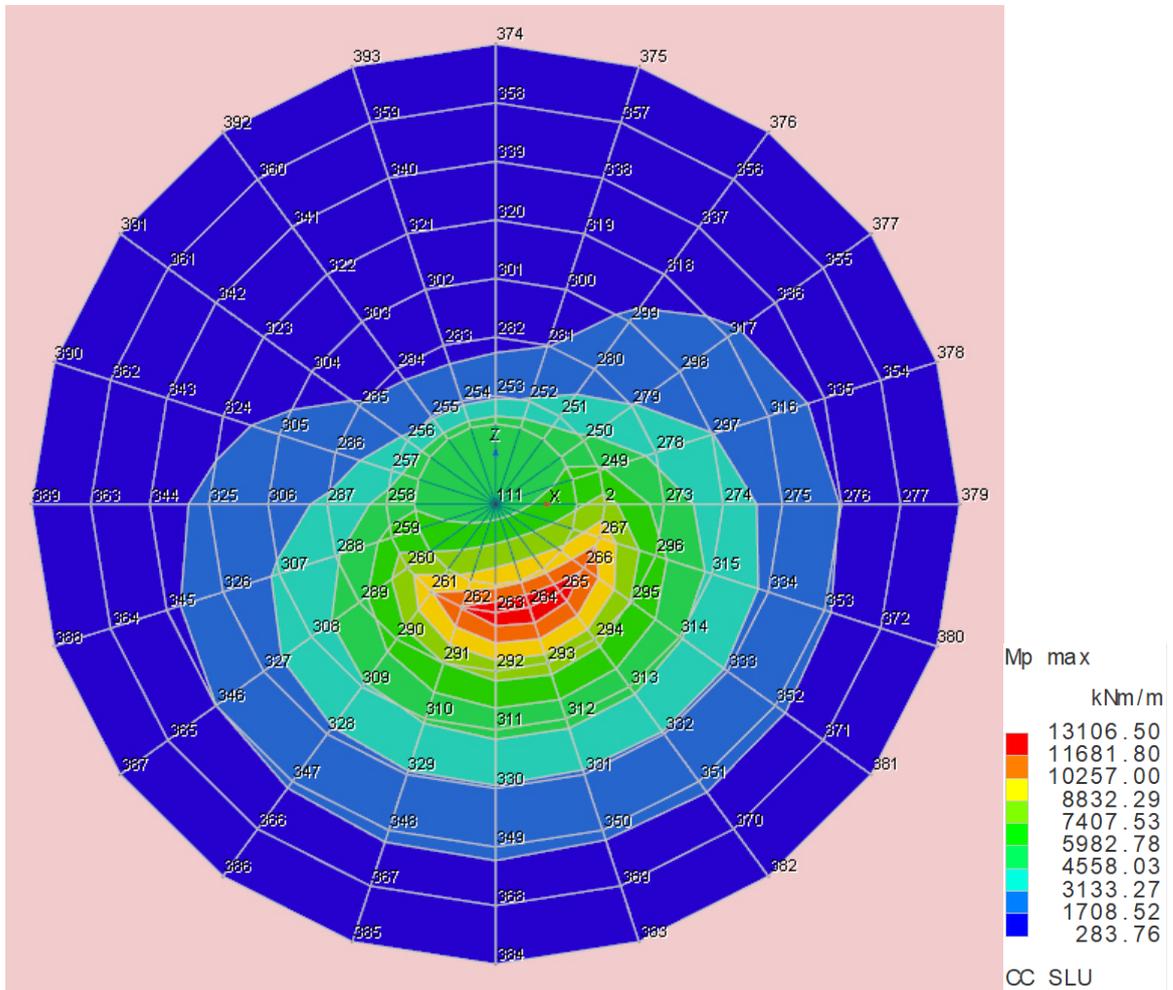


FIGURA 19: DIAGRAMMA DEI MOMENTI PRINCIPALI MASSIMI

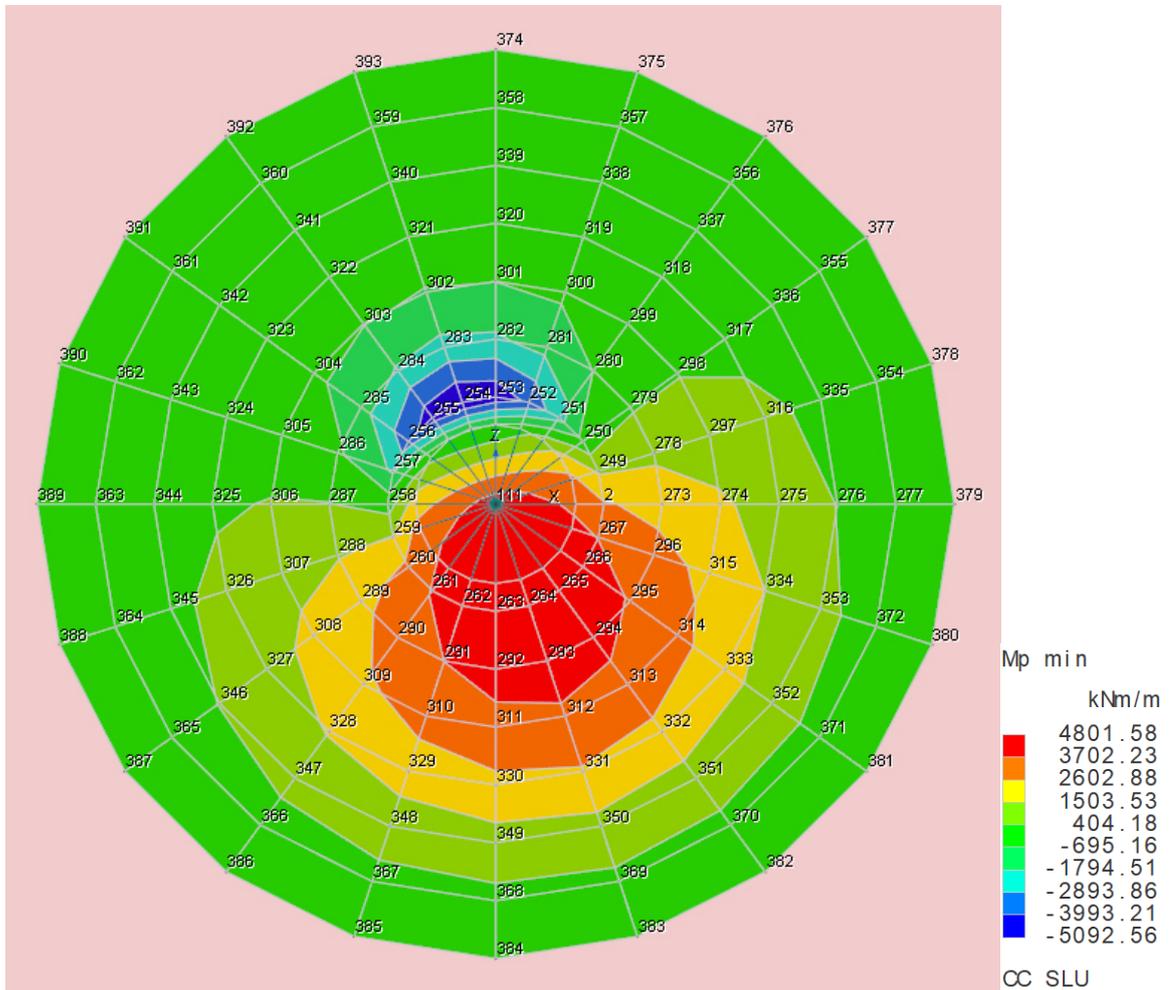


FIGURA 20: DIAGRAMMA DEI MOMENTI PRINCIPALI MINIMI

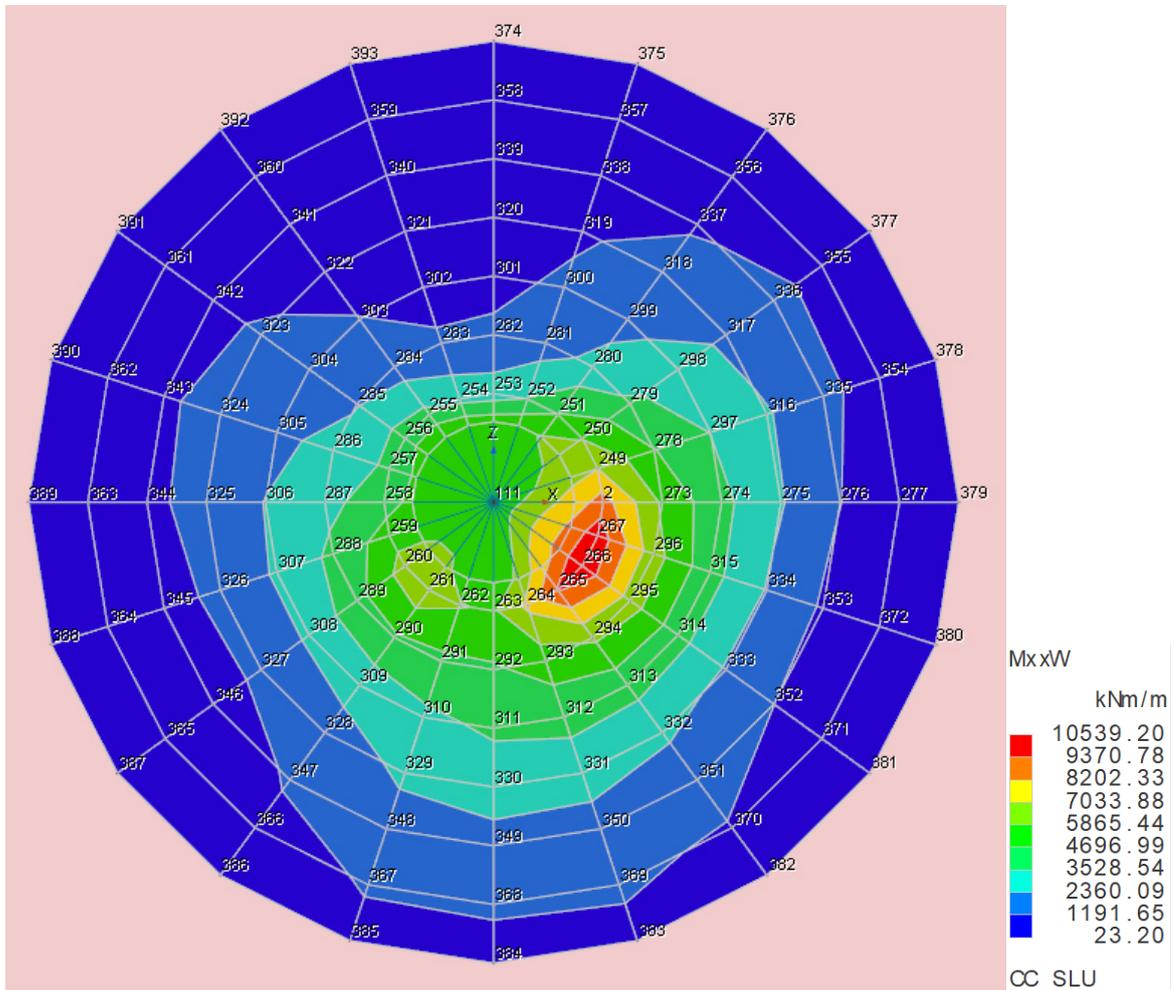


FIGURA 21: DIAGRAMMA DEI MOMENTI DI WOOD IN DIREZIONE X

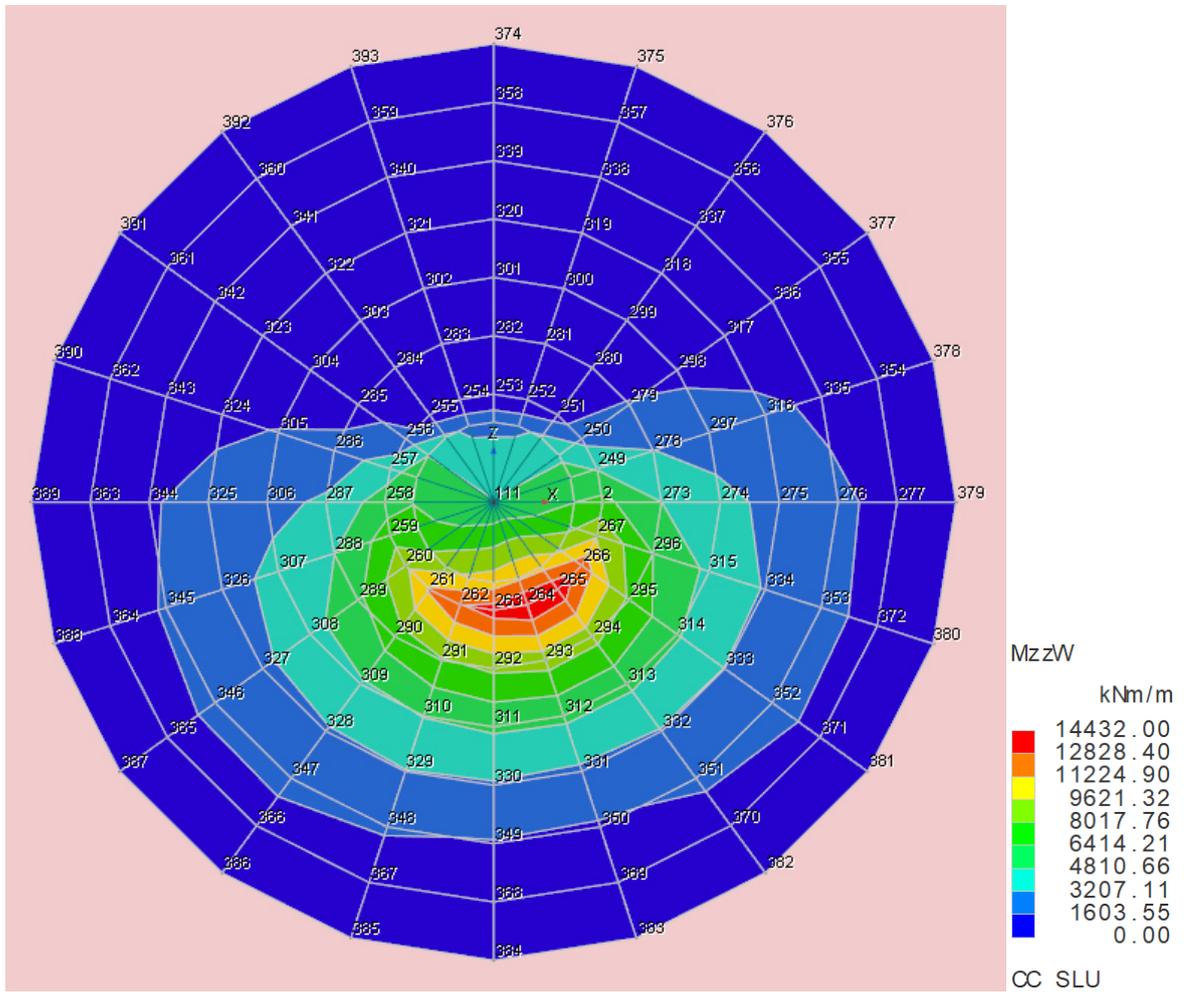


FIGURA 22: DIAGRAMMA DEI MOMENTI DI WOOD IN DIREZIONE Z

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	349.5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	57.02	9
2	31.42	60
3	79.83	340

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
 yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C28/35
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

M_{xRd} kNm
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L_o cm Col. modello

Precompresso

ARMATURA ANULARE BLOCCO VIOLA – VERIFICA PER OGNI METRO LINEARE DI IN DIREZIONE RADIALE

5+5+5Φ22 DISPOSTI SU 3 STRATI SUPERIORI

5+5Φ20 DISPOSTI SU 2 STRATI INTERMEDI

7+7+7Φ22 DISPOSTI SU 3 STRATI INFERIORI

M_{SD} = 10539 KNM

M_{RD} = 10.999 KNM

C_s = 1,04

Titolo : _____

N° strati barre **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	299.5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.62	9
2	91.23	290

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
 yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200,000 N/mm²	f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6
	τ_{c1} 1.829

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 54.48 ‰
 d 290 cm
 x 17.51 x/d 0.06037
 δ 0.7

N° rett.

Calcola MRd **Dominio M-N**

L_o cm **Col. modello**

Precompresso

ARMATURA ANULARE PIEDE – VERIFICA PER OGNI METRO LINEARE DI IN DIREZIONE RADIALE

6+6 ϕ 22 DISPOSTI SU 2 STRATI SUPERIORI

9+9+9 ϕ 22 DISPOSTI SU 3 STRATI INFERIORI

M_{SD} = 10539 KNM

M_{RD} = 11316 KNM

C_S = 1,07

4. REFERENZE

- [1] D.M. 17.01.2018 – AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
- [2] D.M. 14.01.2008 – NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2008
- [3] CIRCOLARE N. 7/C.S.LL.PP. DEL 12/02/2019
- [4] LEGGE 5 NOVEMBRE 1971 N. 1086 – NORME PER LA DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO ED A STRUTTURA METALLICA.
- [5] CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 14 FEBBRAIO 1974, N.11951 – “APPLICAZIONE DELLE NORME SUL CEMENTO ARMATO”.
- [6] CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 25 GENNAIO 1975, N.13229 – “L’IMPIEGO DI MATERIALI CON ELEVATE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PER CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO.
- [7] • C.N.R. – UNI 10011-97 – “COSTRUZIONI DI ACCIAIO: ISTRUZIONI PER IL CALCOLO, L’ESECUZIONE, IL COLLAUDO E LA MANUTENZIONE”.
- [8] • OPCM 3274 D.D. 20/03/2003 S.M.I. – “PRIMI ELEMENTI IN MATERIA DI CRITERI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE E DI NORMATIVE TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA”, E SUCCESSIVE MODIFICHE E INTEGRAZIONI (OPCM 3431 03/05/05).
- [9] D.M.LL.PP. 20 NOVEMBRE 1987 – “NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE, ESECUZIONE E COLLAUDO DEGLI EDIFICI IN MURATURA E PER IL LORO CONSOLIDAMENTO”.
- [10] CIRC. MIN.LL.PP. N.11951 DEL 14 FEBBRAIO 1992 – CIRCOLARE ILLUSTRATIVA DELLA LEGGE N. 1086.
- [11] D.M. 14 FEBBRAIO 1992 – NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE, PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE.
- [12] CIRC. MIN.LL.PP. N.37406 DEL 24 GIUGNO 1993 – ISTRUZIONI RELATIVE ALLE NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN C.A. NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE DI CUI AL D.M. 14 FEBBRAIO 1992.
- [13] D.M. 9 GENNAIO 1996 – NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE.
- [14] CIRC. MIN. LL.PP. 15.10.1996 N.252 AA.GG./S.T.C. – ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE DELLE «NORME TECNICHE PER IL CALCOLO E L’ESECUZIONE ED IL COLLAUDO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE» DI CUI AL D.M. 09.01.1996.
- [15] D.M. 16 GENNAIO 1996 – NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI GENERALI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E SOVRACCARICHI
- [16] • CIRC. MIN.LL.PP. N.156AA.GG./S.T.C. DEL 4 LUGLIO 1996 – ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE

DELLE "NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI GENERALI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E SOVRACCARICHI" DI CUI AL D.M. 16 GENNAIO 1996.

- [17] D.M. 16.1.1996 – NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE
- [18] CIRC. MIN. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 – ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE "NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE" DI CUI AL D.M. 16 GENNAIO 1996
- [19] EUROCODICE 1 – BASI DI CALCOLO ED AZIONI SULLE STRUTTURE
- [20] EUROCODICE 2 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO
- [21] EUROCODICE 3 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI ACCIAIO
- [22] EUROCODICE 4 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO
- [23] EUROCODICE 5 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI LEGNO
- [24] EUROCODICE 6 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI MURATURA
- [25] EUROCODICE 7 – PROGETTAZIONE GEOTECNICA
- [26] EUROCODICE 8 – INDICAZIONI PROGETTUALI PER LA RESISTENZA SISMICA DELLE STRUTTURE
- [27] GERMANISCHER LLOYD (GL) – REGOLE E LINEE GUIDA, 2003. "RULES AND REGULATION FOR THE CERTIFICATION OF WIND ENERGY CONVERSION SYSTEMS".
- [28] IEC INTERNATIONAL STANDARD. "WIND TURBINE GENERATOR SYSTEMS". REFERENCE NUMBER 61400-1

LECCE, DICEMBRE 2019

ING. GIOVANNI LUCA D'AMATO

ALLEGATO: TABULATI DI CALCOLO

- RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICA – ST_001-A1
- RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICA – ST_001-A2