

REGIONE SICILIA
Provincia di Palermo
COMUNI DI PARTINICO E MONREALE

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



PROGETTISTA:



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

CODICE PROGETTISTA	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
	06/05/2018	/	1 di 52	A4	PAR	ENG	REL	0036	00

NOME FILE: PAR-ENG-REL-0036_00.doc

ERG Wind Sicilia 4 S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	2
PAR	ENG	REL	0036	00		

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	06/05/2018	Prima emissione	EG	MG	DG

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	3
PAR	ENG	REL	0036	00		

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	10
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	13
7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	14
8	ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE	16
9	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	25
9.1	INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI PARTINICO.....	25
9.2	INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI MONREALE	26
9.3	MODELLAZIONE GEOTECNICA	28
10	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENI DI FONDAZIONE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA	30
11	CARICHI AGENTI	31
12	FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI TIPO GEOTECNICO	34
12.1	GENERALITA'	34
12.2	CARICO LIMITE DEI PALI DI FONDAZIONE GENERALITA'	34
12.3	CALCOLO TENSIONI E CEDIMENTI	36
12.4	CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO ORIZZONTALE.....	37
12.5	TABULATO DI CALCOLO VERIFICHE GEOTECNICHE.....	38
13	CONCLUSIONI	52

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	4
PAR	ENG	REL	0036	00		

1 PREMESSA

La società *Hydro Engineering s.s.* è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'esistente impianto eolico, composto da n. 19 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 0,85 MW, per una potenza complessiva di 16,15 MW, ubicato nei Comuni di Monreale e Partinico in Provincia di Palermo e di proprietà della società ERG Wind Sicilia 4 Srl.

L'impianto esistente è attualmente in esercizio, giuste Concessioni edilizie rilasciate dai Comuni predetti.

Il progetto definitivo di potenziamento consiste nella sostituzione dei 19 aerogeneratori esistenti da 0.85 MW con 10 aerogeneratori da 4,2 MW, per una potenza complessiva da installarsi pari a 42,0 MW.

L'installazione del più moderno tipo di generatore comporterà la consistente riduzione del numero di torri eoliche, dalle 19 esistenti alle 10 proposte, riducendo l'impatto visivo, che talvolta può trasformarsi nel cosiddetto effetto selva.

Inoltre, l'incremento di efficienza delle turbine previste rispetto a quelle in esercizio, porterà ad un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media.

La produzione di energia sarà incrementata sino a 3,23 volte quella attuale, e con la medesima proporzione avverrà l'abbattimento di produzione di CO2 equivalente.

In relazione al proponente, ERG Wind Sicilia 4 Srl si precisa che:

- il parco esistente è stato autorizzato sulla base della normativa vigente all'epoca, mediante le concessioni edilizie dei Comuni di Monreale e Partinico, rilasciate all'allora Società IVPC Sicilia 4 Srl;
- il progetto del parco esistente è, altresì, corredato da un giudizio positivo di compatibilità ambientale, mediante Decreto dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana n. 359 del 07/06/2002), intestato alla Società IVPC Sicilia 4 e alla società IVPC Sicilia 2 per il parco limitrofo di Camporeale;
- la menzionata società è entrata a far parte del gruppo ERG, assumendo l'attuale denominazione di ERG Wind Sicilia 4 Srl, in data 13 febbraio 2013, nell'ambito di una più complessa operazione societaria.

Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni sono state desunte dallo studio geologico redatto dal Dott. Geologo Carlo Cibella allegato al presente progetto.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	5
PAR	ENG	REL	0036	00		

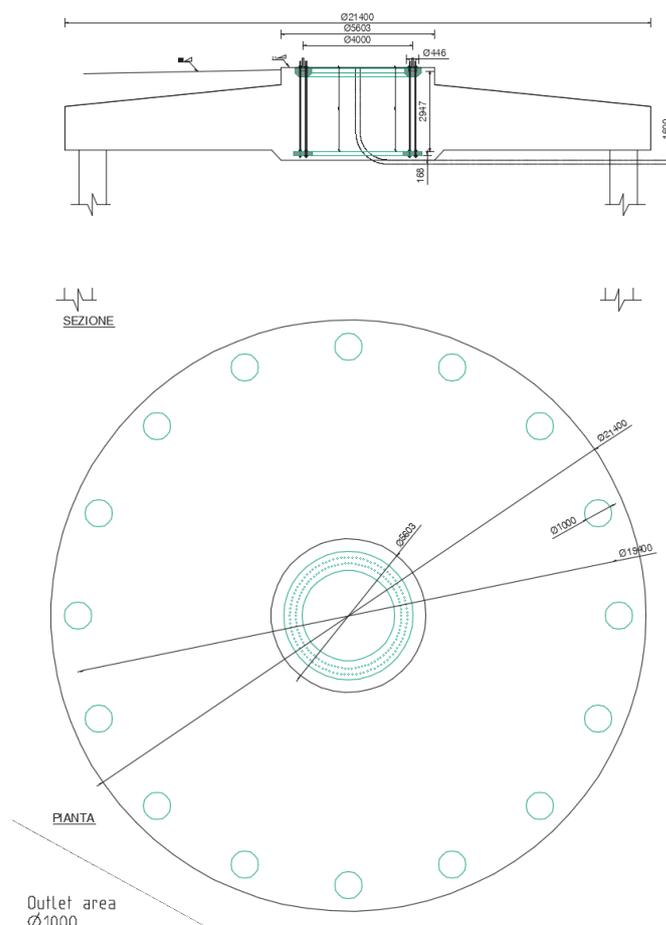
Il presente documento si propone di descrivere la caratterizzazione geotecnica e sismica dei siti in oggetto e le verifiche geotecniche relative alla realizzazione delle fondazioni dell'aerogeneratore.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	6
PAR	ENG	REL	0036	00		

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE

Nel presente progetto si prevede la realizzazione di opere di fondazioni del tipo indiretto in relazione alla stratigrafia locale del terreno. La fondazione indiretta sarà costituita da un plinto circolare, avente diametro pari a 21,40 m, posto su 16 pali di diametro $\Phi 1000$ e lunghezza pari a 25,00 m.

La piastra di fondazione avrà forma in pianta circolare e sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,60 m e in corrispondenza della parte centrale pari a 2,40 m, a cui si aggiungono altri 65 cm di colletto:



All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	7
PAR	ENG	REL	0036	00		

ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche di fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre. A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 160 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	8
PAR	ENG	REL	0036	00		

3 - **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione sono le “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/2018.

Si farà, inoltre, riferimento alle seguenti normative:

- Legge n. 1086 del 05.11.1971 “Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
- Legge n. 64 del 02.02.1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- IEC 60400-1 “Wind Turbine safety and design”;
- Eurocodice 2 “Design of concrete structures”.
- Eurocodice 3 “Design of steel structures”.
- Eurocodice 4 “Design of composite steel and concrete structures”.
- Eurocodice 7 “Geotechnical design”.
- Eurocodice 8 “Design of structures for earthquake resistance”.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	9
PAR	ENG	REL	0036	00		

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il nuovo impianto, insisterà nei territori dei Comuni di Monreale e Partinico. In particolare,

- o nel Comune di Monreale saranno installati n. 5 aerogeneratori, aventi le seguenti sigle, R-MR01, R-MR02, R-MR03, R-MR04, R-MR05,
- o nel Comune di Partinico saranno installati n. 5 aerogeneratori, aventi le seguenti sigle, R-PAR01, R-PAR02, R-PAR03, R-PAR04, R-PAR05.

Dal punto di vista cartografico, le opere in progetto ricadono in agro dei Comuni di Monreale e Partinico, in provincia di Palermo, all'interno delle seguenti cartografie e Fogli di Mappa:

- o Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alle seguenti codifiche "249_IV_SO-Balestrate; 258_IV_NE-Cipirrello; 258_IV_NO-Alcamo".
- o Carta tecnica regionale CTR, scala 1:10.000, fogli n°594130, n° 607010 e n° 607020.
- o Fogli di mappa catastale del Comune di Monreale n° 103, 104, 106 e 107.
- o Fogli di mappa catastale del Comune di Partinico n° 82, 98, 106, 114, 115, 116, 119, 121, 122, 123, 124 e 125.

La linea ideale che congiunge gli assi degli aerogeneratori si sviluppa lungo due crinali:

- *Crinale 1 in corrispondenza del Monte Castelluccio* lungo cui saranno localizzati i seguenti aerogeneratori: R-MR01, R-MR02, R-MR03, R-MR04, R-PAR01, R-PAR02.
- *Crinale 2 in corrispondenza di Costa Bisaccia* lungo cui saranno localizzati i seguenti aerogeneratori: R-MR05, R-PAR03, R-PAR04 e R-PAR05.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	10
PAR	ENG	REL	0036	00		

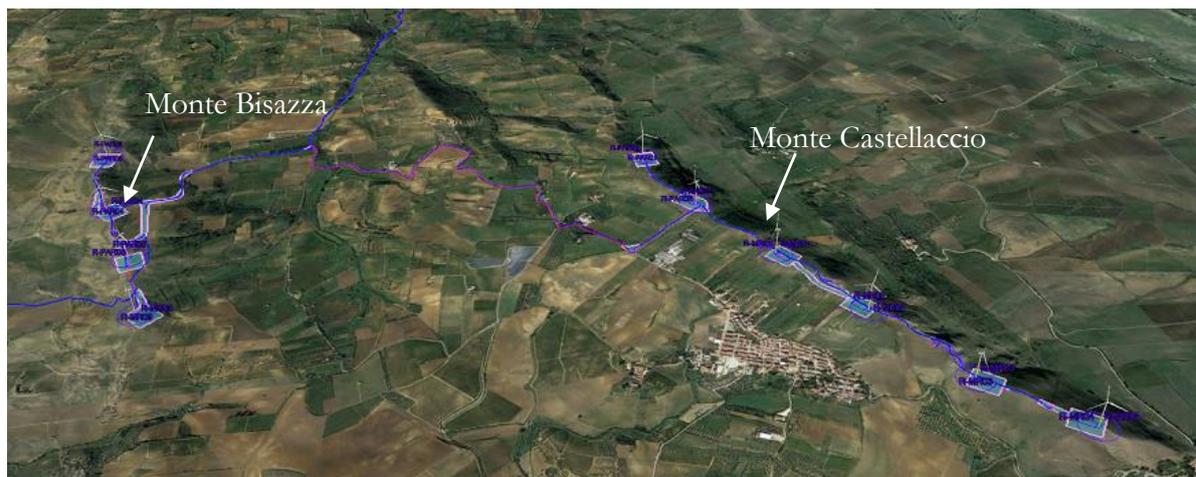
5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area in esame ricade nella provincia di Palermo, all'interno dei territori comunali di Partinico e Monreale. Si trova collocata a sud del lago Poma, a circa 10 Km a est di Partinico ed a circa 7 Km ad ovest di San Cipirello, in prossimità della frazione di Grisi.

Il sito è inquadrato nella Cartografia Tecnica Regionale nei fogli n° 607010-607020-607050-607060, nelle tavolette IGM n°258 IV quadrante NE e NO, rispettivamente denominate "San Cipirello" e "Alcamo". Il parco eolico si sviluppa lungo due dorsali che decorrono parallelamente tra loro, orientate lungo la direzione NO-SE. Lungo le pendici sud della dorsale settentrionale sorge il piccolo centro abitato di Grisi.

La dorsale settentrionale, nella quale ricade Monte Castellaccio (596 m s.l.m.) risulta avere una estensione di circa 2,5 Km, mentre quella meridionale, nella quale ricade Monte Bisazza (555 m s.l.m.) ha una estensione inferiore a 2 Km.

Nella dorsale di Monte Castellaccio il progetto prevede la realizzazione di n° 6 aerogeneratori denominati R-MR01, R-MR02, R-MR03, R-MR04, R-PAR01 e R-PAR02: i primi quattro ricadono nel comune di Monreale mentre i restanti due nel comune di Partinico. Nella dorsale di Monte Bisazza verranno realizzati n° 4 aerogeneratori denominati R-PAR03, R-PAR04, R-PAR05 e R-MR05.



La dorsale più settentrionale, sulla quale ricade Monte Castellaccio, presenta un profilo asimmetrico dove il versante sud occidentale risulta meno pendente rispetto a quello nord

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	11
PAR	ENG	REL	0036	00		

orientale sul quale è possibile scorgere la giacitura degli strati arenitici che lo compongono, disposta secondo la posizione a “reggi poggio”. Tale giacitura, in uno con le buone caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti, conferisce al rilievo montuoso una ottima stabilità. Gli aerogeneratori sono posizionati sul crinale meno pendente (sud occidentale), a debita distanza dalla zona maggiormente acclive. Lungo tale tratto il pendio presenta un’acclività inferiore a 12°. La dorsale meridionale, sulla quale ricade Monte Bisazza, presenta anch’essa un profilo asimmetrico sebbene meno accentuato della precedente. Il versante sud occidentale appare maggiormente acclive, caratterizzato da una pendenza superiore a 25°, mentre in quello nord orientale è pari in media a 16°. Gli aerogeneratori sono posizionati sul crinale nord orientale distanti, anch’essi dalla zona maggiormente acclive. Tale rilievo presenta una giacitura degli strati arenitici a “reggi poggio” che, in uno con le buone caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti, conferisce al rilievo montuoso una ottima stabilità.

Date le caratteristiche delle rocce che compongono i rilievi sui quali ricade il parco eolico in esame, la stabilità risulta buona in relazione anche alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla natura degli stessi ed alle loro caratteristiche fisico-meccaniche. L’assetto geomorfologico dell’area in esame, è frutto dell’interazione di diversi fattori, in particolare delle caratteristiche fisiografiche (distribuzione delle altimetrie, esposizione e pendenza dei versanti), pluviometriche (distribuzione ed intensità delle precipitazioni) e lito-strutturali (litologie affioranti e loro assetto strutturale) del territorio. Da un esame complessivo del territorio, la pendenza media dei versanti è molto varia: si passa da forme dolci o lievemente ondulate a forme aspre con valori di pendenza elevati e con accidentalità topografiche. Forme “molli” e dossi arrotondati si hanno in corrispondenza dell’affioramento di litotipi aventi debole resistenza agli agenti di erosione (sabbie, argille etc.), mentre le forme aspre sono indicative di resistenza elevata e differenziata (quale possono avere, nel nostro caso, le arenarie ed i conglomerati sulle quali ricade il parco eolico in studio) e/o di particolare giacitura degli strati. Molteplici linee di impluvio interessano e modellano il territorio; la direzione delle valli è condizionata dalla diversa composizione litologica dei terreni attraversati; si ha una erosione selettiva che condiziona l’andamento del solco torrentizio o del vallone a seconda della maggiore o minore erodibilità dei terreni via via incontrati dalle acque torrentizie. Da sottolineare che, grazie alla tettonica del territorio, anche la pendenza degli strati influisce sulla evoluzione delle vallecole interessate dall’azione modellante delle acque dilavanti. Le vallecole incise nei rilievi argillosi sono per lo più rettilinee ed hanno i fianchi acclivi; le acque che le attraversano hanno forte potere erosivo e ne modificano continuamente il profilo longitudinale; hanno regime prevalentemente torrentizio con piene durante la precipitazione di piogge intense ed asciutti d’estate: il loro potere erosivo è fortemente variabile sia nel corso

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	12
PAR	ENG	REL	0036	00		

dell'anno, sia in senso areale: pur persistendo, la fase erosiva, nelle zone di massima pendenza, anche se con variazioni notevoli di intensità, nelle zone a pendenza modesta prevarrà la fase erosiva durante le piene, la fase di sedimentazione (nelle conche, ad esempio) durante i periodi di magra; non si avrà, ovviamente, attività di alcun tipo nei periodi secchi. In ogni caso, a causa del carattere torrentizio dei predetti impluvi, nei periodi di piogge violente, le acque esercitano il loro potere erosivo scavando, erodendo, approfondendo l'incisione. Come si può vedere nella carta geomorfologica allegata, nell'area studiata sono presenti diverse tipologie di dissesti che interessano in particolare le litologie prevalentemente argillo-sabbiose. Si tratta di aree scoscese, caratterizzate dalla presenza di movimenti gravitativi più o meno superficiali che interessano, generalmente, la coltre di terreno vegetale, resi attivi dall'azione dinamica esercitata dalle acque di scorrimento superficiale. Oltre le frane superficiali sono presenti forme gravitative più profonde che interessano gli strati alterati dei depositi argillosi. Le forme gravitative descritte ed indicate anche nella cartografia del P.A.I. riguardano frane complesse, frane roto-traslative, oltre che soliflussi e colamenti lenti. La parte del territorio nella quale sono state ubicate le torri eoliche, risulta stabile a causa dell'assenza di processi morfodinamici attivi e/o potenziali. Ciò è confermato dall'esame delle carte dei dissesti, della pericolosità e del rischio geomorfologico edite nell'ambito del P.A.I., che escludono i siti da criticità di tipo geomorfologico.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	13
PAR	ENG	REL	0036	00		

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il rilevamento geologico di superficie, opportunamente esteso ad un'ampia fascia perimetrale esterna rispetto ai siti di progetto, e successivamente integrato con le indagini geognostiche eseguite nell'ambito del progetto originario di realizzazione del parco eolico esistente, ha permesso di ricostruire in modo soddisfacente la successione dei terreni presenti nell'area studiata.

Le formazioni geologiche che affiorano nell'area in studio, procedendo da quelle di deposizione più recente verso quelle più antiche, sono le seguenti:

- Depositi alluvionali di fondovalle (Pleistocene superiore - Olocene);
- Depositi colluviali (Pleistocene superiore - Olocene);
- Depositi detritici (Pleistocene superiore - Olocene);
- (Depositi terrazzati (Pleistocene sup. - Olocene);
- Conglomerati, arenarie, e sabbie afferenti alla formazione Terravecchia (Miocene superiore: Tortoniano sup.- Messiniano inf.);
- Argille e peliti sabbiose con intercalazioni di arenarie (Miocene medio: Serravalliano sup. - Tortoniano inf.);

Per la descrizione dettagliata di tutte le formazioni geologiche sopra citate si rimanda alla relazione geologica PAR-ENG-REL_0035.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	14
PAR	ENG	REL	0036	00		

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sulla base delle considerazioni di carattere geologico-strutturale, l'area in esame, può essere suddivisa, dal punto di vista idrogeologico, in tre complessi principali; infatti, la circolazione idrica sotterranea presenta aspetti e caratteristiche differenti in relazione soprattutto ai litotipi affioranti, ma anche al loro particolare assetto.

1) Rocce permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria i depositi alluvionali e colluviali, terrazzati, detritici.

I terreni di tale complesso idrogeologico presentano una permeabilità variabile da medio-bassa ad alta, in funzione del prevalere della classe granulometrica più minuta su quella grossolana. Generalmente i pori intergranulari dei depositi clastici aventi una scarsa matrice limosa tendono a saturarsi durante la circolazione delle acque di infiltrazione consentendo la formazione di un acquifero. Tuttavia, quando la componente pelitica prevale in percentuale su quella sabbio-ghiaiosa, la permeabilità tende a diminuire perché i pori si occludono rendendo difficoltosa la circolazione idrica.

2) Rocce permeabili per porosità e fratturazione

Appartengono a questa categoria le arenarie, le sabbie, le sabbie limose, i limi sabbiosi e i conglomerati afferenti alla formazione Terravecchia. Le caratteristiche idrogeologiche dei termini presenti all'interno di tale formazione sono diversificate in funzione delle caratteristiche intrinseche del litotipo. Possiamo così schematizzare in breve:

- dove prevale la componente sabbiosa, la permeabilità è del tipo primario e la porosità risulta essere medio-elevata, mentre si riduce a bassa con la prevalenza della frazione limosa e l'assenza di ghiaie;
- dove prevale la componente argillosa su quella sabbio-limosa si ha una permeabilità primaria con porosità estremamente ridotta;
- dove prevale la componente arenaceo-conglomeratica si ha una permeabilità primaria elevata per porosità cui si aggiunge talvolta un altrettanto elevata permeabilità secondaria per fratturazione;
- dove si ha commistione di facies, la permeabilità risulta di natura complessa per la forte eterogeneità dei termini litologici. I livelli argillosi contenuti nella coltre sabbio-limosa costituiscono soltanto dei limitati orizzonti impermeabili privi di continuità laterale e non sono quindi in grado di modificare il comportamento permeabile della

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	15
PAR	ENG	REL	0036	00		

formazione litologica. Al loro interno si possono verificare discreti accumuli idrici tamponati alla base dal complesso argilloso.

Così non è raro riscontrare nel territorio, soprattutto nel periodo invernale, modeste sorgenti di contatto poste lungo i versanti in prossimità del cambio litologico tra i conglomerati ed arenarie e i depositi ad alto contenuto in argille.

Le indagini geognostiche realizzate nell'ambito del progetto di costruzione dell'esistente parco eolico (anno 2002), non hanno riscontrato all'interno di tali litotipi la presenza di adunamenti idrici.

3) Rocce da poco permeabili ad impermeabili

Appartengono a questa categoria i depositi prevalentemente argillosi della Formazione Castellana Sicula. Tali litotipi presentano una permeabilità così bassa da essere, ai fini del presente studio, considerati impermeabili. Tuttavia, all'interno della coltre superficiale piuttosto alterata e degradata non è raro rinvenire modesti adunamenti idrici superficiali, così come all'interno dei rari livelli arenitici che essendo dotati di una elevata porosità possono essere sede di locali falde acquifere confinate.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	16
PAR	ENG	REL	0036	00		

8 ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE

Nella stesura dei calcoli strutturali e per le verifiche geotecniche si è tenuto conto dell'azione sismica. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. In base al D.M. 17/01/2018, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). La pericolosità sismica in un generico sito è valutata: in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;

in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);

per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione, ottenuto dal prodotto della vita nominale dell'opera VN per il coefficiente d'uso CU il quale dipende dalla classe d'uso secondo la tabella 2.4.II,

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	17
PAR	ENG	REL	0036	00		

- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Data le tipologie d'opere, l'azione sismica per il dimensionamento strutturale delle opere è stata valutata tenendo conto dei seguenti parametri:

- coordinate del reticolo di riferimento, WGS84;
 latitudine: 37,952871
 longitudine: 13,103303
 Siti di riferimento
 Sito 1 ID: 46058 Lat: 37,9340 Lon: 13,0484 Distanza: 5253,840
 Sito 2 ID: 46059 Lat: 37,9343 Lon: 13,1116 Distanza: 2193,039
 Sito 3 ID: 45837 Lat: 37,9843 Lon: 13,1113 Distanza: 3559,656
 Sito 4 ID: 45836 Lat: 37,9840 Lon: 13,0480 Distanza: 5955,285
- classe d'uso: Quarta (Punto 2.4.2 del D.M. 17/01/2018);
- categoria di suolo: B (Punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018);
- vita nominale \geq 100 anni (Punto 2.4.1 del D.M. 17/01/2018);
- categoria topografica: T2 (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);
- coefficiente di amplificazione topografica: 1,2 (Tabella 3.2.VI del D.M. 17/01/2018).

Si riportano di seguito gli output ottenuti tramite l'applicazione Excel di GeoStru in uno con alcuni riferimenti normativi, mediante i quali si sono ottenuti i parametri per la realizzazione degli spettri di risposta e per la definizione dei coefficienti di progetto.

L'analisi sismica per il dimensionamento delle strutture è stata valutata in corrispondenza degli aerogeneratori prossimi ai due comuni sui quali si estende l'impianto eolico di interesse. Per tutti e due i casi sono stati condotti gli studi finalizzati all'ottenimento dei parametri sismici, degli spettri di risposta elastici e degli spettri di risposta di progetto. Non sono state osservate considerevoli differenze in tali parametri e pertanto con finalità progettuali si riporta lo studio effettuato sul comune di Monreale per il quale sono stati ottenuti i coefficienti sismici più elevati.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	18
PAR	ENG	REL	0036	00		

Vita nominale (§ 2.4.1 NTC-08)

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella **Tab. 2.4.I** delle NTC-08 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I - Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Classi d'uso (§ 2.4.2 NTC-08)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

<i>Classe I</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso II</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita di riferimento (§ 2.4.3 NTC-08)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (\text{NTC-08 Eq. 2.4.1})$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tab. 2.4.II** delle NTC-08.

Tabella 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	19
PAR	ENG	REL	0036	00		

Riferimenti normativi

Categorie di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-08)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.5 delle NTC-08. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II delle NTC-08).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{sp,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sp,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{sp,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Condizioni topografiche (§ 3.2.2 NTC-08)

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV delle NTC-08):

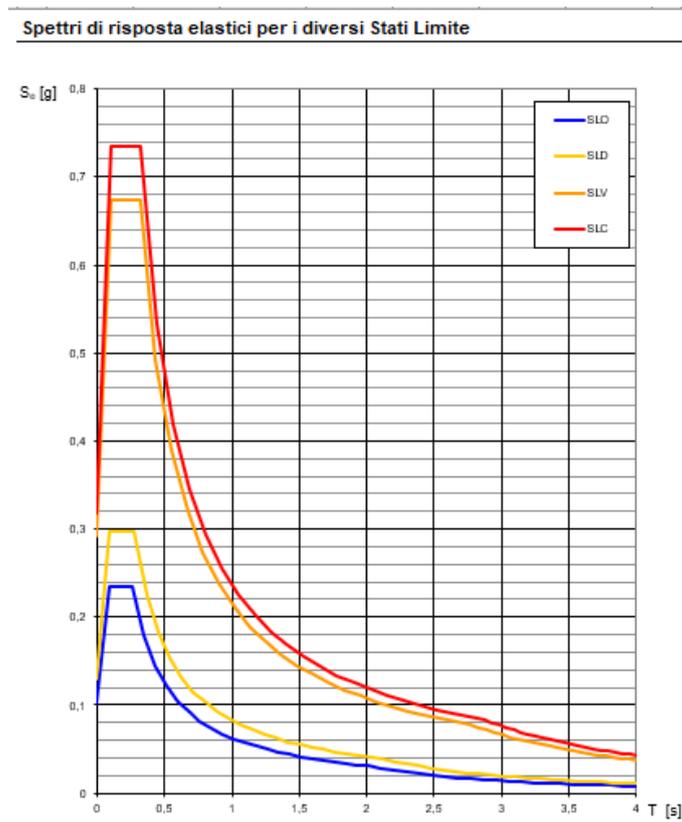
Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	20
PAR	ENG	REL	0036	00		

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,044	2,317	0,228
50	0,062	2,320	0,248
72	0,077	2,315	0,256
101	0,093	2,306	0,263
140	0,110	2,309	0,268
201	0,129	2,309	0,277
475	0,182	2,309	0,290
975	0,236	2,309	0,305
2475	0,318	2,309	0,324

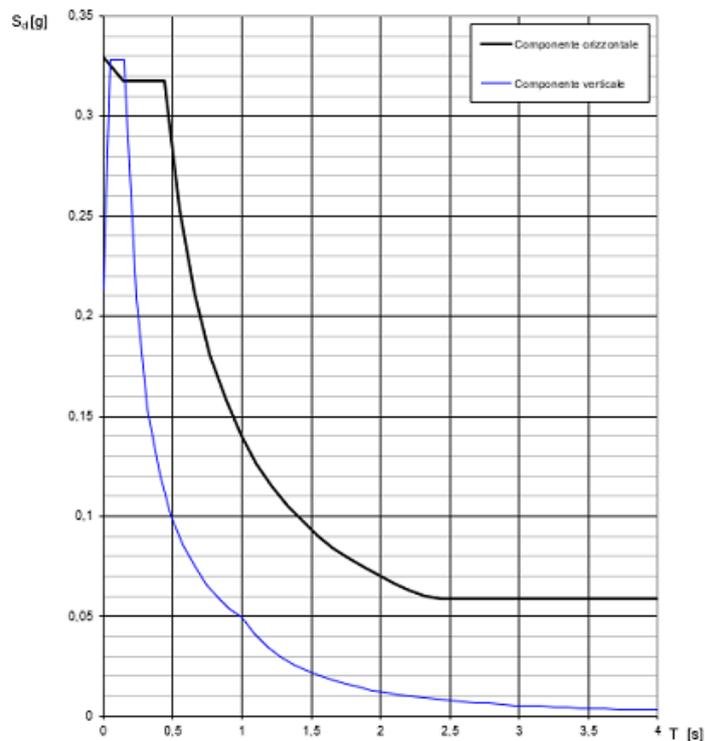
Individuazione dei parametri sismici: definizione del sito, parametri per la costruzione dello spettro di risposta di progetto, caratteristiche del suolo e relative amplificazioni stratigrafiche e topografiche



Spettro di risposta elastico per i differenti stati limite previsti da normativa

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	21
PAR	ENG	REL	0036	00		

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



Spettri di risposta di progetto per lo stato limite ultimo SLV, componenti verticale ed orizzontale

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	22
PAR	ENG	REL	0036	00		

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato linSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{ov}	0,213 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,685
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_{ov}}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.1f})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,213
$T_v \leftarrow$	0,050	0,328
$T_c \leftarrow$	0,150	0,328
	0,235	0,209
	0,320	0,154
	0,405	0,121
	0,490	0,100
	0,575	0,086
	0,660	0,075
	0,745	0,066
	0,830	0,059
	0,915	0,054
$T_d \leftarrow$	1,000	0,049
	1,094	0,041
	1,188	0,035
	1,281	0,030
	1,375	0,026
	1,469	0,023
	1,563	0,020
	1,656	0,018
	1,750	0,016
	1,844	0,014
	1,938	0,013
	2,031	0,012
	2,125	0,011
	2,219	0,010
	2,313	0,009
	2,406	0,008
	2,500	0,008
	2,594	0,007
	2,688	0,007
	2,781	0,006
	2,875	0,006
	2,969	0,006
	3,063	0,005
	3,156	0,005
	3,250	0,005
	3,344	0,004
	3,438	0,004
	3,531	0,004
	3,625	0,004
	3,719	0,004
	3,813	0,003
	3,906	0,003
	4,000	0,003

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	23
PAR	ENG	REL	0036	00		

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,292 g
F_o	2,309
T_c	0,318 s
S_s	1,130
C_c	1,383
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,130
η	0,417
T_B	0,147 s
T_C	0,440 s
T_D	2,768 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

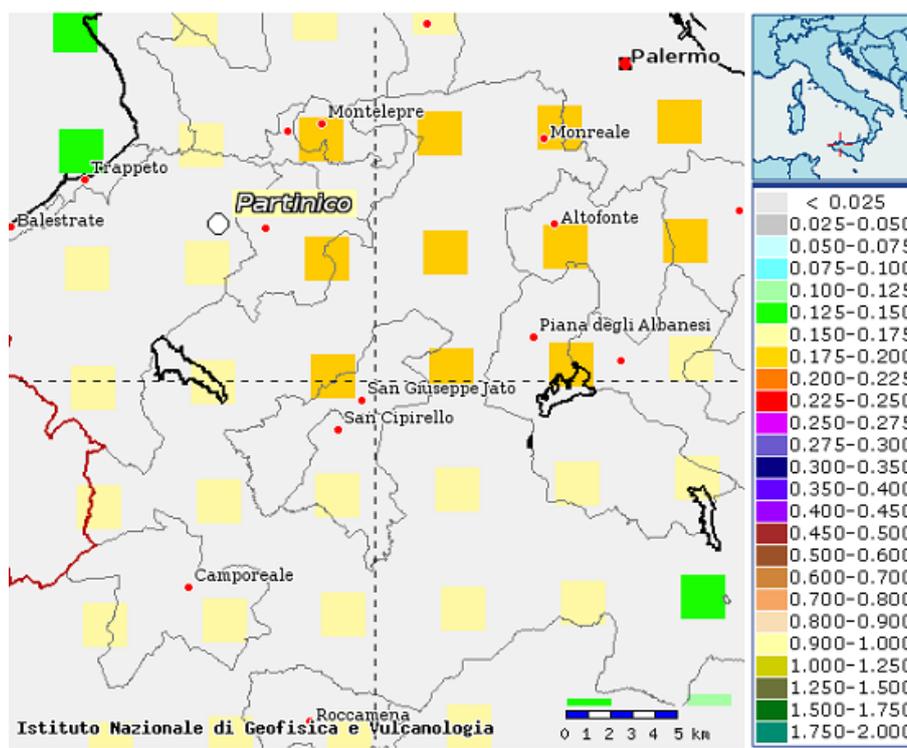
Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,330
T_B	0,147	0,318
T_C	0,440	0,318
	0,551	0,254
	0,662	0,211
	0,773	0,181
	0,884	0,158
	0,994	0,141
	1,105	0,126
	1,216	0,115
	1,327	0,105
	1,438	0,097
	1,549	0,090
	1,660	0,084
	1,770	0,079
	1,881	0,074
	1,992	0,070
	2,103	0,066
	2,214	0,063
	2,325	0,060
	2,436	0,058
	2,546	0,058
	2,657	0,058
T_D	2,768	0,058
	2,827	0,058
	2,886	0,058
	2,944	0,058
	3,003	0,058
	3,061	0,058
	3,120	0,058
	3,179	0,058
	3,237	0,058
	3,296	0,058
	3,355	0,058
	3,413	0,058
	3,472	0,058
	3,531	0,058
	3,589	0,058
	3,648	0,058
	3,707	0,058
	3,765	0,058
	3,824	0,058
	3,883	0,058
	3,941	0,058
	4,000	0,058

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	24
PAR	ENG	REL	0036	00		

Dalla mappa a seguire, relativa alla pericolosità sismica del territorio nazionale, si può notare come il sito in questione sia compreso tra 4 punti di cui è nota con precisione la storia sismica. A partire da tali punti, sono stati ricavati i parametri attesi al nostro sito mediante valutazioni statistiche.



Mappa di pericolosità sismica: valori di accelerazione a_g

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.023	0.039	0.118	0.127
kv	0.011	0.020	0.059	0.063
Amax [m/s ²]	1.246	1.609	3.733	4.008
Beta	0.180	0.240	0.310	0.310

Parametri sismici di progetto

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	25
PAR	ENG	REL	0036	00		

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In merito a quanto riportato nella relazione geologica, è stato possibile eseguire una modellazione geotecnica del sottosuolo. Le indagini geologiche originarie, utilizzate al fine di supportare la progettazione definitiva, sono state articolate come descritto nei punti a seguire:

- n. 11 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 20.00 m dal p.c.;
- prove di laboratorio effettuate su 16 campioni “disturbati” prelevati dalle carote di carotaggio;
- n. 7 prove penetrometriche dinamiche discontinue (SPT);
- n. 2 prospezioni geofisiche.

9.1 INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI PARTINICO

Di seguito si riporta la descrizione e l'interpretazione delle carote estratte durante le fasi di carotaggio, delle indagini sul comune di Partinico.

Primo sondaggio:

- da 0.00 a 1.00 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 1.00 a 2.00 m un piccolo strato di ghiaia e ciottoli di dimensioni centimetrici, parzialmente immersi in matrice sabbiosa;
- da 2.00 a 20.00 m sono state riscontrate sabbie di colore giallo ocra, di composizione carbonatica con la presenza di ciottoli di natura quarzarenitica. Intercalate ad esse è stato rilevato uno strato di 3.00 m di argille sabbiose di colore brunastro alla profondità di circa 8.50 m dal p.c. nonché una lente conglomeratica di circa 1.40 m alla profondità di circa 18.00 m dal p.c.

Secondo sondaggio:

- da 0.00 a 0.70 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.70 a 17.00 m sabbie limose di colore marrone, di composizione carbonatica con la presenza di ciottoli di natura quarzarenitica e carbonatica.; Intercalate ad esse è stato rilevato uno strato di 6.30 m circa di ghiaia e ciottoli in scarsa matrice sabbiosa;
- da 17.00 a 20.00 m argille sabbiose.

Da tale sondaggio è stato prelevato 1 campione alla profondità di 18.50m.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	26
PAR	ENG	REL	0036	00		

Terzo sondaggio:

- da 0.00 a 1.50 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 1.50 a 9.50 m ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa di natura carbonatica;
- da 9.50 a 20.00 m argille sabbiose di colore tra bruno e marrone chiaro.

Da tale sondaggio è stato prelevato 1 campione alla profondità di 11.00m.

Quarto sondaggio:

- da 0.00 a 1.00 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 1.00 a 6.20 m sabbie argillose di colore giallo ocra, di composizione silicea;
- da 6.20 a 20.00 m argille sabbiose di colore grigio con livelli più sabbiosi.

In questo sondaggio è stato effettuata una prova S.P.T. alla profondità di 2.00 m dal p.c.

È stato inoltre prelevato 1 campione alla profondità di 10.60 m dal p.c. su cui, oltre alla determinazione delle caratteristiche fisiche, è stata effettuata una prova ELL.

Quinto sondaggio:

- da 0.00 a 1.00 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 1.00 a 5.40 m ghiaia e ciottoli di composizione quarzarenitica in matrice sabbiosa;
- da 5.40 a 11.50 m argille sabbiose e sabbie argillose, ovvero litotipi con un contenuto variabile di sabbia ed argilla, di colore giallo marrone, di composizione silicea;
- da 11.50 a 20.00 m argille sabbiose di colore grigio.

In questo sondaggio è stato effettuata una prova S.P.T. alla profondità di 7.65 m dal p.c.

Sono stati inoltre prelevati 2 campioni alla profondità di 7.10 m dal p.c. su cui, oltre alla determinazione delle caratteristiche fisiche, sono state effettuate una prova ELL e una prova di taglio diretto.

Sesto sondaggio:

- da 0.00 a 1.20 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 1.20 a 5.70 m argille sabbiose e sabbie argillose, ovvero litotipi con un contenuto variabile di sabbia ed argilla, di colore giallo marrone, di composizione silicea;
- da 5.70 a 15.70 m ghiaia e ciottoli di composizione quarzarenitica in matrice sabbiosa;
- da 11.50 a 20.00 m argille e argille sabbiose di colore grigio bruno con inclusi litici centimetrici

E' stato prelevato 1 campione alla profondità di 5.20 m dal p.c.

9.2 INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI MONREALE

Settimo sondaggio:

- da 0.00 a 0.50 m è stato riscontrato terreno vegetale;

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	27
PAR	ENG	REL	0036	00		

- da 0.50 a 6.0 m sabbie poco consistenti di colore giallo ocra, di composizione silicea;
- da 6.0 a 13.60 m ghiaia e ciottoli di composizione quarzarenitica e carbonatica in matrice sabbiosa di natura sabbiosa;
- da 13.60 a 20.00 m sabbie debolmente limose, ben addensate, di composizione silicea.

Sono stati prelevati 2 campioni alla profondità di 14.50 m e 17.00 m dal p.c.

Ottavo sondaggio:

- da 0.00 a 0.70 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.70 a 20.00 m sabbie argillose e argille sabbiose di colore dal giallo ocra al marrone, poco plastiche, con incluse sottili lenti conglomeratiche.

In questo sondaggio è stata effettuata una prova S.P.T. alla profondità di 12.50 m dal p.c.

Sono stati inoltre prelevati 2 campioni alla profondità di 13.50 m e 18.70 m rispettivamente sui quali sono state condotte prove di laboratorio.

Nono sondaggio:

- da 0.00 a 0.80 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.80 a 20.00 m sabbie limose poco addensate e argille sabbiose di colore giallo ocra intercalate a sottili strati di arenarie.

In questo sondaggio è stata effettuata una prova S.P.T. alla profondità di 14.00 m dal p.c.

Sono stati inoltre prelevati 2 campioni alla profondità di 11.70 m e 15.00 m rispettivamente sui quali sono state condotte prove di laboratorio.

Decimo sondaggio:

- da 0.00 a 0.50 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.50 a 20.00 m sabbie limose mediamente addensate dal colore giallo ocra al marrone intercalate a sottili strati di arenarie.

In questo sondaggio è stata effettuata una prova S.P.T. alla profondità di 15.00 m dal p.c.

Sono stati inoltre prelevati 3 campioni alla profondità di 6.70 m e 11.20 m e 19.70 m rispettivamente sui quali sono state condotte prove di laboratorio.

Undicesimo sondaggio:

- da 0.00 a 0.70 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.70 a 20.00 m sabbie limose mediamente consistenti di colore dal giallo ocra al marrone intercalate a strati di calcarenite mediamente cementata.
- Da 18.00 a 20.00 m argille plastiche di colore grigio bruno.

È stato inoltre prelevato 1 campione alla profondità di 15.50 m.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	28
PAR	ENG	REL	0036	00		

9.3 MODELLAZIONE GEOTECNICA

I risultati delle prove geotecniche di laboratorio sopra descritte, sono stati analizzati mediante leggi statistiche, come prescritto dalla normativa di riferimento (NTC 2018), al fine di procedere ad una valida caratterizzazione geotecnica del sito. Si riportano a seguire due tabelle riassuntive dei risultati delle indagini geotecniche e della relativa modellazione geotecnica effettuata.

Risultati indagini geotecniche relative ai terreni del parco eolico di Partinico - Monreale (COMUNE DI PARTINICO)							
Sondaggio	Campione	Descrizione	Profondità [m]	γ [KN/m ³]	γ_d [KN/m ³]	c' [KN/m ²]	ϕ' [°]
3	1	Argille sabbiose di colore tra bruno e marrone chiaro	11	21,4	19,1	34,3	29
5	1	Sabbie argillose e argille sabbiose di colore giallo-marrone	7,1	20	17,8	12,2	26
6	1	Sabbie argillose e argille sabbiose di colore giallo-marrone	5,2	20,9	18,2	31,4	33

Risultati indagini geotecniche relative ai terreni del parco eolico di Partinico - Monreale (COMUNE DI MONREALE)							
Sondaggio	Campione	Descrizione	Profondità [m]	γ [KN/m ³]	γ_d [KN/m ³]	c' [KN/m ²]	ϕ' [°]
7	1	Sabbie debolmente limose, ben addensate	14,5	18,1	17,6	8,5	30
8	1	Sabbie argillose e argille sabbiose di colore dal giallo oca al marrone, poco plastiche, con induse sottili lenti conglomeratide	13,5	19,6	17,8	8	32
10	1	Sabbie limose mediamente addensate di colore giallo - marrone intercalate a sottili strati di arenarie	6,7	20,1	17,3	8,1	32
10	3	Sabbie limose mediamente addensate di colore giallo - marrone intercalate a sottili strati di arenarie	19,7	19,9	17,7	12,4	36

Caratterizzazione geotecnica dei terreni relativi al Parco Eolico di Partinico e Monreale						
Descrizione	Profondità [m]	γ [KN/m ³]	γ_d [KN/m ³]	c' [KN/m ²]	ϕ' [°]	
Sabbie argillose e argille sabbiose di colore giallo-marrone	5m - 10m	20	17	17	30	
Sabbie argillose e argille sabbiose di colore giallo-marrone	10m - 20m	20	18	18	32	

Dalla relazione geologica, si ha evidenza di strati, non uniformemente distribuiti, caratterizzati come “ghiaie e ciottoli di natura quarzarenitica in matrice sabbiosa”. Tali lenti, seppur di spessore talvolta non trascurabile, non sono stati presi in considerazione ai fini di una cautelativa caratterizzazione geotecnica.

Pertanto, considerando la necessità di effettuare nella fase di progettazione esecutiva uno studio approfondito e dettagliato dal punto di vista geologico, dell'area in esame, si è scelto di

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	29
PAR	ENG	REL	0036	00		

adottare il seguente modello geologico del terreno semplificato e cautelativo ai fini del dimensionamento geotecnico:

- Strato superficiale costituito da sabbie argillose e argille sabbiose di colore giallo marrone: profondità 1.00 m – 10.00 m
 $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$;
 $\phi = 27^\circ$;
 $c = 0 \text{ KPa}$.
- Strato profondo costituito da sabbie argillose e argille sabbiose di colore giallo marrone: profondità 10.00 m – 20.00 m
 $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$;
 $\phi = 30^\circ$;
 $c = 0 \text{ KPa}$.

Sulla base delle risultanze geologiche si è ritenuto opportuno prevedere la realizzazione di un'opera di fondazione su pali; infatti, la scelta progettuale di non realizzare le fondazioni dirette è fortemente vincolata al rispetto del vincolo del cedimento differenziale massimo al fine di garantire le adeguate condizioni di operatività.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	30
PAR	ENG	REL	0036	00		

10 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENI DI FONDAZIONE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

Pur evidenziando la necessità di effettuare nella successiva fase di progettazione esecutiva uno studio geologico approfondito e dettagliato dell'area in esame, in questa fase si è fatto riferimento a quanto sopra descritto. Si è scelto di adottare il seguente modello geotecnico del terreno semplificato e cautelativo ai fini del dimensionamento delle opere di fondazione delle opere edili presenti in sottostazione:

- Strato superficiale costituito da materiale di riporto ed eluviale rimaneggiato (dal P.C. fino a 1,00 m)
 - $\gamma = 15 \text{ KN/m}^3$;
 - $\phi = 28^\circ$;
 - $c = 0 \text{ KPa}$.
- 2° Strato costituito Sabbie mediamente addensate (da 1,00 fino a 3,00 m)
 - $\gamma = 18 \text{ KN/m}^3$;
 - $\phi = 30^\circ$;
 - $c = 0 \text{ KPa}$.
- 3° Strato costituito Sabbie fortemente addensate (da 1,00 fino a 3,00 m)
 - $\gamma = 21 \text{ KN/m}^3$;
 - $\phi = 34^\circ$;
 - $c = 0 \text{ KPa}$.

Sulla base delle risultanze geologiche si è ritenuto opportuno fondare l'edificio sul 2° strato di sabbie mediamente addensate. Si ritiene inoltre opportuno, qualora in fase di esecuzione si riscontrasse una profondità maggiore del 1° strato, prescrivere la rimozione di quest'ultima porzione di terreno e la bonifica fino alla quota di imposta della fondazione con un magrone di sottofondazione.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO			PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA			31
PAR	ENG	REL	0036	00				

11 CARICHI AGENTI

I carichi agenti sulle opere di fondazione sono essenzialmente quelli scaricati dalle torri. Il calcolo di progetto della torre di sostegno dell'aerogeneratore, è generalmente eseguito dal produttore, sulla base delle sollecitazioni massime previste dalla IEC 61400-1. Nel caso in esame i carichi "Extreme Loads" e "Production Loads", indicati nel documento prodotto da Vestas e relativi ad uno dei tipi installabili di aerogeneratori (V136) sono:

Characteristic Extreme							
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt1	Mzt1	FndFr	Fzt1
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Mbt1	32PREogHWO111(fam250)	1.35	Abs	108600	-285.8	984.3	-5885
Mzt1	21RPY10HWO2a00(fam123)	1.35	Abs	24870	-8742	251.3	-5735
FndFr	23CoEogVrp6(fam193)	1.10	Abs	131300	-523.6	1251	-5917
Fzt1	12lceUvout100(fam30)	1.35	Abs	39850	2067	376.1	-6070

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme							
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt1	Mzt1	FndFr	Fzt1
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Mbt1	23CoEogVrp6(fam193)	1.10	Abs	131300	-488.9	1248	-5919
Mzt1	22VOGHWO300(fam171)	1.10	Abs	23350	-9249	210.4	-5711
FndFr	23CoEogVrp6(fam193)	1.10	Abs	131300	-523.6	1251	-5917
Fzt1	12lceUvout100(fam30)	1.35	Abs	39850	2067	376.1	-6070

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme							
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt1	Mzt1	FndFr	Fzt1
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Mbt1	23CoEogVrp6(fam193)	1.10	Abs	131300	-488.9	1248	-5919
Mzt1	22VOGHWO300(fam171)	1.10	Abs	23350	-9249	210.4	-5711
FndFr	23CoEogVrp6(fam193)	1.10	Abs	131300	-523.6	1251	-5917
Fzt1	22VOGHWO300(fam171)	1.10	Abs	31130	2405	309.2	-6022

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

Characteristic Extreme							
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt1	Mzt1	FndFr	Fzt1
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Mbt1	32PREogHWO111(fam250)	1.35	Abs	108600	-285.8	984.3	-5885
Mzt1	21RPY10HWO2a00(fam123)	1.35	Abs	24870	-8742	251.3	-5735
FndFr	32PREogHWO111(fam250)	1.35	Abs	108300	-302.4	986.6	-5883
Fzt1	12lceUvout100(fam30)	1.35	Abs	39850	2067	376.1	-6070

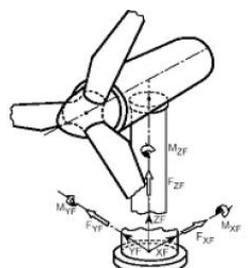
Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

Production loads				
		Char. load	Prob.:1e-2	Prob.:1e-4
M _{res}	[kNm]	108600.00	66169.97	74365.21
M _z	[kNm]	-8741.73	-3522.09	-5395.24
F _{res}	[kN]	986.63	602.48	720.52
F _z	[kN]	-6069.65	-5946.12	-5980.73

Table 3-1 Service Limit State (SLS) loads, in accordance with DIBT 2012.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	32
PAR	ENG	REL	0036	00		

Tutti i carichi sono dati con riferimento all'intersezione dell'asse della torre con l'estradosso dell'opera di fondazione.



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

Figure 1: coordinate system

Il carico dovuto alla neve non viene considerato, in quanto non esistono reali possibilità di accumulo significativo di neve sia sulla navicella che sulle pale. Oltre a tali sollecitazioni, si è considerato agente sulle opere di fondazione un carico uniformemente distribuito per tenere conto del terreno di ricoprimento della fondazione. Per la verifica degli elementi strutturali del nodo torre/plinto di fondazione e per la verifica delle fondazioni, alle sollecitazioni sopra riportate, sono stati applicati i fattori parziali di sicurezza sotto elencati, riportati nella tabella 6.2.I del D.M. 17 gennaio 2018.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_f	EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{g1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{g2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Per ognuna delle quattro condizioni di carico, le sollecitazioni sono state combinate secondo quanto previsto al punto 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 (equazione 2.5.1):

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \dots$$

dove:

G sono le azioni permanenti, azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo. Esse sono:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	33
PAR	ENG	REL	0036	00		

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);
- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- pretensione e precompressione (P);
- spostamenti differenziali;
- Q sono le azioni variabili, azioni agenti sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo, suddivise come:
 - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
 - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura.

In tale equazione, le azioni orizzontali ed i momenti flettenti provenienti dalla torre sono stati considerati come azioni variabili, applicando quindi un coefficiente moltiplicativo pari a 1,50 così come previsto al punto 6.2.3.1.1 del D.M. 17/01/2018.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	34
PAR	ENG	REL	0036	00		

12 FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI TIPO GEOTECNICO

12.1 GENERALITA'

Nel presente paragrafo vengono riportate le teorie di calcolo e i risultati delle verifiche geotecniche della fondazione di tipo. In particolare, secondo quanto stabilito al punto 6.4.3, nei confronti delle fondazioni di tipo indiretto devono essere condotte le seguenti verifiche: SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei confronti di carichi assiali di trazione.

Le verifiche di cui sopra devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2. I (coefficienti moltiplicativi per le azioni), 6.2.II (coefficienti moltiplicativi per i parametri geotecnici) e 6.4.I (coefficienti divisori della resistenza), seguendo il seguente approccio:

Approccio 2:

Un'unica combinazione (A1+M1+R3).

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata analogamente a quanto previsto nel capitolo 6.8 secondo la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI.

Nelle verifiche agli SLU di tipo strutturale il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Per le verifiche agli SLU di tipo strutturale si rimanda alla relazione di pre-dimensionamento strutturale. In particolare, le verifiche geotecniche sono state eseguite con opportuno software di calcolo strutturale e geotecnico della Software House Aztec Informatica API++ .11, licenza n° AIU3963AI.

12.2 CARICO LIMITE DEI PALI DI FONDAZIONE GENERALITA'

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- QT = portata totale del palo;

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	35
PAR	ENG	REL	0036	00		

- QP = portanza di base del palo;
- QL = portanza per attrito laterale del palo;
- WP = peso proprio del palo,

Le due componenti QP e QL sono calcolate in modo indipendente fra loro.

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo.

Secondo quanto previsto al punto 6.4.3.1.1 del D.M. 17/01/2018, a partire dal valore così calcolato della portanza Q_t si ricava il valore caratteristico, dividendo Q_t per i coefficienti ξ_3 e ξ_4 , per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate, riportati in tabella 6.4.IV:

Numero di verticali indagate							
	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Nel caso in esame, si è condotto un solo sondaggio per ogni postazione. Per cui si farà riferimento al coefficiente 1.70.

A partire dal valore caratteristico così ottenuto, si calcola il valore di progetto applicando i coefficienti γ_R riportati nella tabella 6.4.II:

	Pali trivellati		
	R1	R2	R3
Base	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	1.00	1.45	1.25
Totale	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	1.00	1.60	1.25

Il valore di progetto così determinato della capacità portante deve risultare non minore del valore caratteristico ottenuto dal calcolo.

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo.

La portanza per attrito laterale viene calcolata tramite la relazione:

$$Q_l = \pi \cdot \int_0^L D \tau_s dl$$

Rappresentando τ_s le tensioni tangenziali che si mobilitano all'interfaccia palo terreno e D il

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	36
PAR	ENG	REL	0036	00		

diametro del palo.

La portanza di base del palo è calcolata come:

$$Q_p = qb * Ab$$

Dove qb, che esprime il valore ultimo della pressione alla base, è stato determinato con l'approccio di Berezantsev.

12.3 CALCOLO TENSIONI E CEDIMENTI

Determinata la portanza laterale e di punta del palo lo stesso viene discretizzato in 100 elementi tipo trave aventi area ed inerzia corrispondenti alla sezione trasversale del palo e lunghezza pari ad L_e . Vengono disposte, inoltre, lungo il fusto del palo una serie di molle (una per ogni elemento), coassiali al palo stesso, aventi rigidezza opportuna. Una ulteriore molla viene disposta alla base del palo. Le suddette molle hanno un comportamento elastoplastico. In particolare, le molle lungo il fusto saranno in grado di reagire linearmente fino a quando la pressione in corrispondenza di esse non raggiunge il valore limite dell'aderenza palo terreno. Una volta raggiunto tale valore le molle non saranno più in grado di fornire ulteriore resistenza. La molla posta alla base del palo avrà invece una resistenza limite pari alla portanza di punta del palo stesso.

Per la determinazione delle rigidezze delle molle si considerano gli spostamenti limite ΔY_l e ΔY_p (definiti dall'Utente nella finestra Metodo cedimenti).

La rigidezza della generica molla, posta a profondità z rispetto al piano campagna sarà data da:

$$R_l = \frac{(c_a + \sigma_h K_s \tan \delta) \pi D l_e}{\Delta Y_l}$$

In questa espressione c_a è l'aderenza palo terreno, σ_h è la pressione orizzontale alla profondità z , δ è l'angolo d'attrito palo terreno, K_s è il coefficiente di spinta e D è il diametro del palo.

Indicando con Q_p la portanza alla punta del palo, la rigidezza della molla posta alla base dello stesso è data da:

$$R_p = \frac{Q_p}{\Delta Y_p}$$

Il processo di soluzione è, naturalmente, di tipo iterativo: a partire da un carico iniziale N_0 si determinano gli spostamenti assiali e quindi le reazioni delle molle. La reazione della molla dovrà essere corretta per tenere conto di eventuali plasticizzazioni rispettando le equazioni di equilibrio per ogni passo di carico. Il carico iniziale verrà allora incrementato

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	37
PAR	ENG	REL	0036	00		

di un passo opportuno e si ripeterà il procedimento. Il processo iterativo termina quando tutte le molle risultano plasticizzate.

12.4 CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO ORIZZONTALE

L'analisi del palo soggetto a forze orizzontali non risulta sicuramente più agevole del caso di palo soggetto a forze assiali. Trattasi di un problema d'interazione parzialmente risolto solo per casi più semplici ed adottando notevoli semplificazioni d'analisi. In particolare, sono stati analizzati da Broms il caso di palo in un mezzo omogeneo puramente coesivo ed in un mezzo omogeneo incoerente, nei casi in cui il palo sia libero di ruotare in testa o sia incastrato. Le soluzioni ottenute da Broms si basano sull'utilizzo dei teoremi dell'analisi limite e sull'ipotesi che si verifichino alcuni meccanismi di rottura (meccanismo di palo corto, meccanismo di palo lungo, etc).

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale, necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo, ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto), mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno d'infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). In particolare, si rimanda alla relazione ai tabulati di calcolo allegati al presente progetto.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	38
PAR	ENG	REL	0036	00		

12.5 TABULATO DI CALCOLO VERIFICHE GEOTECNICHE

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia
Descrizione	Descrizione tipologia
Geometria	Geometria tipologia (Pali in c.a o Pali in acciaio)
Armatura	Tipologia armatura per pali in c.a.
Portanza	Aliquote contributi portanza (solo Punta, solo Laterale, Entrambe)
Vincolo	Grado di vincolo alla testa del palo (Incastro o Cerniera)
TC	Tipologia costruttiva del palo (Trivellato o Infisso)
Mat	Indice materiale tipologia palo
Pt	Pressione quota testa palo, espressa in [kg/cmq]

n°	Descrizione	Geometria	Armatura	Portanza	TC
1	Tipologia 1	Pali circolari in c.a.	Ferri longitudinali + staffe	Entrambe	Trivellato

Caratteristiche pali

Simbologia adottata

n°	Indice palo
X	Ascissa palo, espressa in [m]
Y	Ordinata palo, espressa in [m]
d	Diametro palo, espresso in [cm]
l	Lunghezza palo, espressa in [m]
nodo	Indice nodo su cui è posizionato il palo
It	Indice tipologia palo

n°	X	Y	D	L	Nodo	It
	[m]	[m]	[cm]	[m]		
1	9,70	0,00	100,00	25,00	15	1
2	8,96	3,71	100,00	25,00	145	1
3	6,86	6,86	100,00	25,00	336	1
4	3,71	8,96	100,00	25,00	581	1
5	0,00	9,70	100,00	25,00	651	1
6	-3,71	8,96	100,00	25,00	772	1
7	-6,86	6,86	100,00	25,00	863	1
8	-8,96	3,71	100,00	25,00	930	1
9	-9,70	0,00	100,00	25,00	958	1
10	-8,96	-3,71	100,00	25,00	915	1
11	-6,86	-6,86	100,00	25,00	848	1
12	-3,71	-8,96	100,00	25,00	745	1
13	0,00	-9,70	100,00	25,00	605	1
14	3,71	-8,96	100,00	25,00	445	1
15	6,86	-6,86	100,00	25,00	202	1
16	8,96	-3,71	100,00	25,00	52	1

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
τ	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [kg/cm ²]
α	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	γ	γ_{sat}	Parametri	ϕ	δ	c
	[kg/mc]	[kg/mc]		[°]	[°]	[kg/cm ²]
Piroclastiti alterate	1800,0	2000,0	Caratteristici	27,00	16,67	0,000

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	39
PAR	ENG	REL	0036	00		

Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	Parametri	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm α]
			Minimi	27.00	16.67	0,000
			Medi	27.00	16.67	0,000
Piroclastiti inalterate	1800,0	2000,0	Caratteristici	30.00	20.00	0,000
			Minimi	30.00	20.00	0,000
			Medi	30.00	20.00	0,000

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato
Ks	Coefficiente di spinta
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm 2 /cm]
α	Coeff. di sbulbatura

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	Ks
1	-3,0	-3,0	-3,0	Piroclastiti alterate	0.400
2	-35,0	-35,0	-35,0	Piroclastiti inalterate	0.400

Falda

Profondità dal piano campagna 4,00 [m]

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw [Kg/cm 2 /cm]
Verticale	Kwv	0.000
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(ϕ))

Convenzioni adottate

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 concentrati

Simbologia adottata

Ic	Indice carico
X	Ascissa carico espressa in [m]
Y	Ordinata carico espressa in [m]
N	Carico verticale espresso in [kg]
Mx	Momento intorno all'asse X espresso in [kgm]
My	Momento intorno all'asse Y espresso in [kgm]
Tx	Forza orizzontale in direzione X espressa in [kg]
Ty	Forza orizzontale in direzione Y espressa in [kg]

Carichi distribuiti

Simbologia adottata

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	40
PAR	ENG	REL	0036	00		

Ic	Indice carico
P1s	Punto inferiore sinistro del carico espresso in [m]
Psd	Punto superiore destro del carico espresso in [m]
Qz1	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore sinistro espresso in [kg/mq]
Qz2	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore destro espresso in [kg/mq]
Qz3	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore sinistro espresso in [kg/mq]
Qz4	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore destro espresso in [kg/mq]
Qx	Componente orizzontale del carico in direzione X espressa in [kg/mq]
Qy	Componente orizzontale del carico in direzione Y espressa in [kg/mq]

Condizione n° 1 - Condizione 1 – Peso proprio torre

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,76	0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,58	0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,29	1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,91	1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,47	1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,00	1,83	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,47	1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,91	1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,29	1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,58	0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,76	0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,83	0,00	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,76	-0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,58	-0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,29	-1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,91	-1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,47	-1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,00	-1,83	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,47	-1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,91	-1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,29	-1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,58	-0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,76	-0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Condizione n° 2 - Condizione 2 - IEC Mbt MAX

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	133,1	0,0	0,0	0,0	34,5
Piastra	1,76	0,47	-1152,7	0,0	0,0	1,7	34,7
Piastra	1,58	0,91	-2350,8	0,0	0,0	3,3	35,4
Piastra	1,29	1,29	-3379,7	0,0	0,0	4,6	36,4
Piastra	0,91	1,58	-4169,2	0,0	0,0	5,7	37,7
Piastra	0,47	1,76	-4665,5	0,0	0,0	6,3	39,3
Piastra	0,00	1,83	-4834,8	0,0	0,0	6,5	41,0
Piastra	-0,47	1,76	-4665,5	0,0	0,0	6,3	42,7
Piastra	-0,91	1,58	-4169,2	0,0	0,0	5,7	44,3
Piastra	-1,29	1,29	-3379,7	0,0	0,0	4,6	45,6
Piastra	-1,58	0,91	-2350,8	0,0	0,0	3,3	46,7
Piastra	-1,76	0,47	-1152,7	0,0	0,0	1,7	47,3
Piastra	-1,83	0,00	133,1	0,0	0,0	0,0	47,5
Piastra	-1,76	-0,47	1418,9	0,0	0,0	-1,7	47,3
Piastra	-1,58	-0,91	2617,1	0,0	0,0	-3,3	46,7
Piastra	-1,29	-1,29	3646,0	0,0	0,0	-4,6	45,6
Piastra	-0,91	-1,58	4435,4	0,0	0,0	-5,7	44,3

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	41
PAR	ENG	REL	0036	00		

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	-0,47	-1,76	4931,7	0,0	0,0	-6,3	42,7
Piastra	0,00	-1,83	5101,0	0,0	0,0	-6,5	41,0
Piastra	0,47	-1,76	4931,7	0,0	0,0	-6,3	39,3
Piastra	0,91	-1,58	4435,4	0,0	0,0	-5,7	37,7
Piastra	1,29	-1,29	3646,0	0,0	0,0	-4,6	36,4
Piastra	1,58	-0,91	2617,1	0,0	0,0	-3,3	35,4
Piastra	1,76	-0,47	1418,9	0,0	0,0	-1,7	34,7

Condizione n° 3 - Condizione 3 - IEC Mz MAX

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	126,9	0,0	0,0	0,0	-189,1
Piastra	1,76	0,47	-167,6	0,0	0,0	51,7	-182,3
Piastra	1,58	0,91	-442,1	0,0	0,0	99,8	-162,4
Piastra	1,29	1,29	-677,7	0,0	0,0	141,1	-130,7
Piastra	0,91	1,58	-858,6	0,0	0,0	172,8	-89,3
Piastra	0,47	1,76	-972,3	0,0	0,0	192,8	-41,2
Piastra	0,00	1,83	-1011,0	0,0	0,0	199,6	10,5
Piastra	-0,47	1,76	-972,3	0,0	0,0	192,8	62,1
Piastra	-0,91	1,58	-858,6	0,0	0,0	172,8	110,3
Piastra	-1,29	1,29	-677,7	0,0	0,0	141,1	151,6
Piastra	-1,58	0,91	-442,1	0,0	0,0	99,8	183,3
Piastra	-1,76	0,47	-167,6	0,0	0,0	51,7	203,3
Piastra	-1,83	0,00	126,9	0,0	0,0	0,0	210,1
Piastra	-1,76	-0,47	421,4	0,0	0,0	-51,7	203,3
Piastra	-1,58	-0,91	695,8	0,0	0,0	-99,8	183,3
Piastra	-1,29	-1,29	931,5	0,0	0,0	-141,1	151,6
Piastra	-0,91	-1,58	1112,3	0,0	0,0	-172,8	110,3
Piastra	-0,47	-1,76	1226,0	0,0	0,0	-192,8	62,1
Piastra	0,00	-1,83	1264,8	0,0	0,0	-199,6	10,5
Piastra	0,47	-1,76	1226,0	0,0	0,0	-192,8	-41,2
Piastra	0,91	-1,58	1112,3	0,0	0,0	-172,8	-89,3
Piastra	1,29	-1,29	931,5	0,0	0,0	-141,1	-130,7
Piastra	1,58	-0,91	695,8	0,0	0,0	-99,8	-162,4
Piastra	1,76	-0,47	421,4	0,0	0,0	-51,7	-182,3

Condizione n° 4 - Condizione 4 - IEC Fz Max

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	-1,1	0,0	0,0	0,0	62,9
Piastra	1,76	0,47	-472,9	0,0	0,0	-12,2	61,3
Piastra	1,58	0,91	-912,6	0,0	0,0	-23,6	56,5
Piastra	1,29	1,29	-1290,2	0,0	0,0	-33,4	49,0
Piastra	0,91	1,58	-1579,9	0,0	0,0	-40,9	39,3
Piastra	0,47	1,76	-1762,0	0,0	0,0	-45,6	27,9
Piastra	0,00	1,83	-1824,2	0,0	0,0	-47,2	15,7
Piastra	-0,47	1,76	-1762,0	0,0	0,0	-45,6	3,5
Piastra	-0,91	1,58	-1579,9	0,0	0,0	-40,9	-7,9
Piastra	-1,29	1,29	-1290,2	0,0	0,0	-33,4	-17,7
Piastra	-1,58	0,91	-912,6	0,0	0,0	-23,6	-25,2
Piastra	-1,76	0,47	-472,9	0,0	0,0	-12,2	-29,9
Piastra	-1,83	0,00	-1,1	0,0	0,0	0,0	-31,5
Piastra	-1,76	-0,47	470,8	0,0	0,0	12,2	-29,9
Piastra	-1,58	-0,91	910,5	0,0	0,0	23,6	-25,2

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		42
PAR	ENG	REL	0036	00			

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	-1,29	-1,29	1288,0	0,0	0,0	33,4	-17,7
Piastra	-0,91	-1,58	1577,7	0,0	0,0	40,9	-7,9
Piastra	-0,47	-1,76	1759,9	0,0	0,0	45,6	3,5
Piastra	0,00	-1,83	1822,0	0,0	0,0	47,2	15,7
Piastra	0,47	-1,76	1759,9	0,0	0,0	45,6	27,9
Piastra	0,91	-1,58	1577,7	0,0	0,0	40,9	39,3
Piastra	1,29	-1,29	1288,0	0,0	0,0	33,4	49,0
Piastra	1,58	-0,91	910,5	0,0	0,0	23,6	56,5
Piastra	1,76	-0,47	470,8	0,0	0,0	12,2	61,3

Condizione n° 5 - Condizione 5 - SLE CH

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	140,8	0,0	0,0	0,0	-158,5
Piastra	1,76	0,47	-1145,0	0,0	0,0	51,7	-151,7
Piastra	1,58	0,91	-2343,1	0,0	0,0	99,8	-131,7
Piastra	1,29	1,29	-3372,0	0,0	0,0	141,1	-100,0
Piastra	0,91	1,58	-4161,5	0,0	0,0	172,8	-58,7
Piastra	0,47	1,76	-4657,8	0,0	0,0	192,8	-10,5
Piastra	0,00	1,83	-4827,1	0,0	0,0	199,6	41,1
Piastra	-0,47	1,76	-4657,8	0,0	0,0	192,8	92,8
Piastra	-0,91	1,58	-4161,5	0,0	0,0	172,8	140,9
Piastra	-1,29	1,29	-3372,0	0,0	0,0	141,1	182,2
Piastra	-1,58	0,91	-2343,1	0,0	0,0	99,8	214,0
Piastra	-1,76	0,47	-1145,0	0,0	0,0	51,7	233,9
Piastra	-1,83	0,00	140,8	0,0	0,0	0,0	240,7
Piastra	-1,76	-0,47	1426,6	0,0	0,0	-51,7	233,9
Piastra	-1,58	-0,91	2624,8	0,0	0,0	-99,8	214,0
Piastra	-1,29	-1,29	3653,7	0,0	0,0	-141,1	182,2
Piastra	-0,91	-1,58	4443,2	0,0	0,0	-172,8	140,9
Piastra	-0,47	-1,76	4939,5	0,0	0,0	-192,8	92,8
Piastra	0,00	-1,83	5108,7	0,0	0,0	-199,6	41,1
Piastra	0,47	-1,76	4939,5	0,0	0,0	-192,8	-10,5
Piastra	0,91	-1,58	4443,2	0,0	0,0	-172,8	-58,7
Piastra	1,29	-1,29	3653,7	0,0	0,0	-141,1	-100,0
Piastra	1,58	-0,91	2624,8	0,0	0,0	-99,8	-131,7
Piastra	1,76	-0,47	1426,6	0,0	0,0	-51,7	-151,7

Condizione n° 6 - Condizione 6 -SLE PR

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	135,7	0,0	0,0	0,0	-55,3
Piastra	1,76	0,47	-647,8	0,0	0,0	20,8	-52,6
Piastra	1,58	0,91	-1377,8	0,0	0,0	40,2	-44,5
Piastra	1,29	1,29	-2004,7	0,0	0,0	56,9	-31,7
Piastra	0,91	1,58	-2485,8	0,0	0,0	69,6	-15,1
Piastra	0,47	1,76	-2788,2	0,0	0,0	77,7	4,3
Piastra	0,00	1,83	-2891,3	0,0	0,0	80,4	25,1
Piastra	-0,47	1,76	-2788,2	0,0	0,0	77,7	45,9
Piastra	-0,91	1,58	-2485,8	0,0	0,0	69,6	65,3

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	43
PAR	ENG	REL	0036	00		

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	-1,29	1,29	-2004,7	0,0	0,0	56,9	82,0
Piastra	-1,58	0,91	-1377,8	0,0	0,0	40,2	94,8
Piastra	-1,76	0,47	-647,8	0,0	0,0	20,8	102,8
Piastra	-1,83	0,00	135,7	0,0	0,0	0,0	105,5
Piastra	-1,76	-0,47	919,1	0,0	0,0	-20,8	102,8
Piastra	-1,58	-0,91	1649,2	0,0	0,0	-40,2	94,8
Piastra	-1,29	-1,29	2276,1	0,0	0,0	-56,9	82,0
Piastra	-0,91	-1,58	2757,1	0,0	0,0	-69,6	65,3
Piastra	-0,47	-1,76	3059,5	0,0	0,0	-77,7	45,9
Piastra	0,00	-1,83	3162,6	0,0	0,0	-80,4	25,1
Piastra	0,47	-1,76	3059,5	0,0	0,0	-77,7	4,3
Piastra	0,91	-1,58	2757,1	0,0	0,0	-69,6	-15,1
Piastra	1,29	-1,29	2276,1	0,0	0,0	-56,9	-31,7
Piastra	1,58	-0,91	1649,2	0,0	0,0	-40,2	-44,5
Piastra	1,76	-0,47	919,1	0,0	0,0	-20,8	-52,6

Condizione n° 7 - Condizione 7-RICOPRIMENTO

Carichi distribuiti

Ic	P _{is} [m]	P _{sd} [m]	Q _{z1} [kg/mq]	Q _{z2} [kg/mq]	Q _{z3} [kg/mq]	Q _{z4} [kg/mq]	Q _x [kg/mq]	Q _y [kg/mq]
1	-10,70; -10,70	10,70; 10,70	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	0,00	0,00

Normativa - Coefficienti di sicurezza

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR	(A2) - GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1, sfav}$	1.35	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2, fav}$	0.90	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2, sfav}$	1.35	1.35
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1, fav}$	0.90	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1, sfav}$	1.50	1.50
Variabili traffico	Favorevole	$\gamma_{Q1, fav}$	1.00	1.00
Variabili traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q1, sfav}$	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche (Pali trivellati)

Resistenza	γ_R	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15
Totale	γ_t	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	γ_{st}	1.00	1.60	1.25

Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

γ_T	(R1)	(R2)	(R3)
γ_T	1.00	1.60	1.30

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	44
PAR	ENG	REL	0036	00		

Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	ξ_3	ξ_4
1	1.70	1.70

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 8

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - A1-M1-R1

Condizione	CP
Peso proprio	1.35
Condizione 1 - Torre	1.35
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 2 - IEC Mbt MAX	1.50

Combinazione n° 2 - A1-M1-R1

Condizione	CP
Peso proprio	1.35
Condizione 1 - Torre	1.35
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 3 - IEC Mz MAX	1.50

Combinazione n° 3 - A1-M1-R1

Condizione	CP
Peso proprio	1.35
Condizione 1 - Torre	1.35
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 4 - IEC Fz Max	1.50

Combinazione n° 4 - A2-M2-R2

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 2 - IEC Mbt MAX	1.30

Combinazione n° 5 - A2-M2-R2

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 3 - IEC Mz MAX	1.30

Combinazione n° 6 - A2-M2-R2

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 4 - IEC Fz Max	1.30

Combinazione n° 7 - SLER

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	45
PAR	ENG	REL	0036	00		

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.00
Condizione 5 - SLE CH	1.00

Combinazione n° 8 - SLER

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.00
Condizione 6 -SLE PR	1.00

Impostazioni di analisi

Portanza verticale pali

Metodo calcolo portanza: Berezantzev

Portanza trasversale pali

Costante di Winkler

Rottura palo-terreno

Cedimenti

Metodo calcolo cedimenti: Elementi finiti

Modello

Caratteristiche Mesh

Numero elementi 1862

Numero nodi 964

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	46
PAR	ENG	REL	0036	00		

Sollecitazioni

Pali

Simbologia adottata

n°	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso, espressa in [m]
Nr	sforzo normale a rottura, espresso in [kg]
Ne	sforzo normale in esercizio, espresso in [kg]
Tr	taglio a rottura, espresso in [kg]
Te	taglio in esercizio, espresso in [kg]
Mr	momento a rottura, espresso in [kgm]
Me	momento in esercizio, espresso in [kgm]

Palo n° 1

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	233452 (1)	743200 (1)	83 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235667 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-100 (1)	-118243 (1)
21	5,00	236259 (1)	725626 (1)	-18 (1)	-21472 (1)	-74 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235767 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	234190 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231529 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227784 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222954 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	217039 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	210040 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201957 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 2

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	233262 (2)	743200 (1)	83 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235479 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-100 (1)	-118243 (1)
21	5,00	236074 (2)	725626 (1)	-18 (1)	-21472 (1)	-74 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235586 (2)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	234014 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231358 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227618 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222795 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216887 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	209896 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201822 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 3

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	233100 (2)	743200 (1)	84 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235318 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-101 (1)	-118243 (1)
21	5,00	235916 (2)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-75 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235430 (2)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	233862 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231210 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227476 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222658 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216757 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	209773 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201705 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 4

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
----	----------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		47
PAR	ENG	REL	0036	00			

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	232992 (2)	743200 (1)	85 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235211 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-103 (1)	-118243 (1)
21	5,00	235811 (2)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-76 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235328 (2)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	233762 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231113 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227381 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222567 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216670 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	209691 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201628 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 5

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	232954 (2)	743200 (1)	86 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235174 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-104 (1)	-118243 (1)
21	5,00	235774 (2)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-77 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235291 (2)	711247 (1)	-15 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	233726 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231078 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227348 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222535 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216640 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	209662 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201601 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 6

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	232986 (2)	743200 (1)	91 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235205 (2)	737146 (1)	2 (7)	7490 (1)	-110 (7)	-118243 (1)
21	5,00	235804 (2)	725626 (1)	-20 (7)	-21472 (1)	-82 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235321 (2)	711247 (1)	-15 (7)	-17697 (1)	-34 (7)	-40881 (1)
41	10,00	233756 (2)	694009 (1)	-7 (7)	-7952 (1)	-6 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231107 (2)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	4 (7)	3996 (1)
61	15,00	227376 (2)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	4 (7)	4837 (1)
71	17,50	222562 (2)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	2 (7)	2636 (1)
81	20,00	216665 (2)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	209686 (2)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	201624 (2)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 7

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	233099 (2)	743200 (1)	109 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235317 (2)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-132 (7)	-118243 (1)
21	5,00	235915 (2)	725626 (1)	-24 (7)	-21472 (1)	-97 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235430 (2)	711247 (1)	-18 (7)	-17697 (1)	-41 (7)	-40881 (1)
41	10,00	233862 (2)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231210 (2)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	227475 (2)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	222657 (2)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	216756 (2)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	209772 (2)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	201705 (2)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 8

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
----	----------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		48
PAR	ENG	REL	0036	00			

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	233264 (2)	743200 (1)	116 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235480 (2)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-140 (7)	-118243 (1)
21	5,00	236076 (2)	725626 (1)	-25 (7)	-21472 (1)	-103 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235587 (2)	711247 (1)	-20 (7)	-17697 (1)	-43 (7)	-40881 (1)
41	10,00	234015 (2)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231359 (2)	673913 (1)	-2 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	227619 (2)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	222796 (2)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	216888 (2)	596473 (1)	1 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	209897 (2)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	201822 (2)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 9

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	233463 (1)	743200 (1)	118 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235678 (1)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-142 (7)	-118243 (1)
21	5,00	236270 (1)	725626 (1)	-26 (7)	-21472 (1)	-105 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235778 (1)	711247 (1)	-20 (7)	-17697 (1)	-44 (7)	-40881 (1)
41	10,00	234201 (1)	694009 (1)	-9 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231539 (1)	673913 (1)	-2 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	227794 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	6 (7)	4837 (1)
71	17,50	222963 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	217048 (1)	596473 (1)	1 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	210049 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	201965 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 10

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	234252 (1)	743200 (1)	116 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	236460 (1)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-140 (7)	-118243 (1)
21	5,00	237040 (1)	725626 (1)	-25 (7)	-21472 (1)	-103 (7)	-93513 (1)
31	7,50	236532 (1)	711247 (1)	-20 (7)	-17697 (1)	-43 (7)	-40881 (1)
41	10,00	234938 (1)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	232255 (1)	673913 (1)	-2 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	228485 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	223627 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	217682 (1)	596473 (1)	1 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	210649 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	202529 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 11

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	234945 (1)	743200 (1)	109 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237146 (1)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-132 (7)	-118243 (1)
21	5,00	237715 (1)	725626 (1)	-24 (7)	-21472 (1)	-97 (7)	-93513 (1)
31	7,50	237195 (1)	711247 (1)	-18 (7)	-17697 (1)	-41 (7)	-40881 (1)
41	10,00	235584 (1)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	232883 (1)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	229092 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	224210 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	218238 (1)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	211176 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	203024 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 12

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
----	----------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		49
PAR	ENG	REL	0036	00			

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	235397 (1)	743200 (1)	91 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237593 (1)	737146 (1)	2 (7)	7490 (1)	-110 (7)	-118243 (1)
21	5,00	238156 (1)	725626 (1)	-20 (7)	-21472 (1)	-82 (7)	-93513 (1)
31	7,50	237626 (1)	711247 (1)	-15 (7)	-17697 (1)	-34 (7)	-40881 (1)
41	10,00	236005 (1)	694009 (1)	-7 (7)	-7952 (1)	-6 (7)	-7841 (1)
51	12,50	233292 (1)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	4 (7)	3996 (1)
61	15,00	229487 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	4 (7)	4837 (1)
71	17,50	224590 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	2 (7)	2636 (1)
81	20,00	218601 (1)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	211520 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	203347 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 13

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	235541 (1)	743200 (1)	86 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237736 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-104 (1)	-118243 (1)
21	5,00	238296 (1)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-77 (1)	-93513 (1)
31	7,50	237764 (1)	711247 (1)	-15 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	236140 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	233423 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	229613 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	224711 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	218717 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	211630 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	203450 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 14

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	235397 (1)	743200 (1)	85 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237594 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-103 (1)	-118243 (1)
21	5,00	238156 (1)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-76 (1)	-93513 (1)
31	7,50	237627 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	236006 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	233293 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	229488 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	224591 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	218602 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	211521 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	203348 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 15

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	234951 (1)	743200 (1)	84 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237151 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-101 (1)	-118243 (1)
21	5,00	237721 (1)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-75 (1)	-93513 (1)
31	7,50	237200 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	235589 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	232888 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	229096 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	224215 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	218243 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	211181 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	203028 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 16

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
----	----------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		50
PAR	ENG	REL	0036	00			

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	234258 (1)	743200 (1)	83 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	236465 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-100 (1)	-118243 (1)
21	5,00	237045 (1)	725626 (1)	-18 (1)	-21472 (1)	-74 (1)	-93513 (1)
31	7,50	236538 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	234943 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	232260 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	228490 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	223632 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	217687 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	210654 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	202533 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Verifiche geotecniche

Carico limite

Pali

Simbologia adottata

n°	Indice palo
Oggetto	Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)
N	Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Pd	Portanza di progetto, espresso in [kg]
FSv	Fattore di sicurezza (Pd/N). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.
T	Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Td	Portanza trasversale di progetto, espresso in [kg]
FSo	Fattore di sicurezza (Vd/V). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	Oggetto	N [kg]	Pd [kg]	FSv	T [kg]	Td [kg]	FSo
1	Piastra 1	196531	221281	1.126 (4)	77	42977	555.508 (4)
2	Piastra 1	196367	221281	1.127 (5)	78	42977	553.689 (4)
3	Piastra 1	196226	221281	1.128 (5)	78	42977	548.845 (4)
4	Piastra 1	196133	221281	1.128 (5)	79	42977	542.338 (4)
5	Piastra 1	196100	221281	1.128 (5)	80	42977	535.707 (4)
6	Piastra 1	196127	221281	1.128 (5)	83	42977	516.575 (5)
7	Piastra 1	196225	221281	1.128 (5)	89	42977	483.913 (5)
8	Piastra 1	196367	221281	1.127 (5)	92	42977	465.267 (5)
9	Piastra 1	196540	221281	1.126 (4)	94	42977	459.215 (5)
10	Piastra 1	197225	221281	1.122 (4)	92	42977	465.260 (5)
11	Piastra 1	197825	221281	1.119 (4)	89	42977	483.918 (5)
12	Piastra 1	198216	221281	1.116 (4)	83	42977	516.574 (5)
13	Piastra 1	198342	221281	1.116 (4)	80	42977	535.697 (4)
14	Piastra 1	198217	221281	1.116 (4)	79	42977	542.333 (4)
15	Piastra 1	197830	221281	1.119 (4)	78	42977	548.850 (4)
16	Piastra 1	197229	221281	1.122 (4)	78	42977	553.714 (4)

Dettagli calcolo portanza verticale

Simbologia adottata

n°	Indice palo
Oggetto	Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)
Nc, Nq	Coeff. di capacità portante
N'c, N'q	Coeff. di capacità portante corretti
Zc	Profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]
Pp, Pl	Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kg]
A	Attrito negativo, espresso in [kg]

n°	Oggetto	Nc	N'c	Nq	N'q	Pp [kg]	Pl [kg]
1	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
2	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
3	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
4	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
5	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA		51
PAR	ENG	REL	0036	00			

n°	Oggetto	Nc	N'c	Nq	N'q	Pp	PI
						[kg]	[kg]
6	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
7	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
8	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
9	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
10	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
11	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
12	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
13	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
14	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
15	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
16	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407

Cedimenti

Pali

Simbologia adottata

Ip	Indice palo
w	Cedimento verticale, espressa in [cm]
Ic	Indice della combinazione

Ip	w	Ic
	[cm]	
1	0,3022	7
2	0,3016	8
3	0,3011	8
4	0,3008	8
5	0,3007	8
6	0,3008	8
7	0,3011	8
8	0,3016	8
9	0,3022	7
10	0,3031	7
11	0,3039	7
12	0,3045	7
13	0,3046	7
14	0,3045	7
15	0,3039	7
16	0,3031	7

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	52
PAR	ENG	REL	0036	00		

13 CONCLUSIONI

Il progetto definitivo di cui è stato effettuato lo studio strutturale e geotecnico consiste nello smantellamento dei n°19 aerogeneratori esistenti ed attualmente in esercizio del parco eolico ubicato nei Comuni di Partinico e Monreale, entrambi siti in Provincia di Palermo e nella successiva realizzazione di un impianto eolico composto da n°10 aerogeneratori, ciascuno dei quali di potenza massima pari a 4,2 MW, per una potenza complessiva massima di 42.0 MW.

Alla luce dello studio geologico che è stato condotto e delle risultanze delle prove di laboratorio e delle prove condotte in sito all'epoca della costruzione del parco eolico esistente, è stato possibile costruire un modello geotecnico del terreno. Sulla base di tale modello sono state realizzate le verifiche geotecniche delle fondazioni di un aerogeneratore (utilizzando come modello un aerogeneratore tipo Vestas V136). Il risultato delle verifiche ha condotto a fondazioni indirette costituite da un plinto circolare, avente diametro pari a 21,40 m, posto su 16 pali di diametro $\Phi 1000$ e lunghezza pari a 25,00 m. La piastra di fondazione dovrà avere forma in pianta circolare e sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,60 m e in corrispondenza della parte centrale pari a 2,40 m, a cui si aggiungono altri 65 cm di colletto. Quanto sopra descritto garantisce la fattibilità geotecnico-strutturale dell'impianto.