


LETTER	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
1	05/03/12	EMISSIONE FINALE PROGETTO DEFINITIVO PER A.U.	SG	RM	AP
0	28/04/09	PRIMA EMISSIONE	SG	RM	AP

REVISIONS

FW POWER s.r.l. CENTRALE EOLICA DI PORTO TORRES (SS)	ArchInGeo S.r.L. Dott. Geol. Domenico Praticò C.so G. Pascoli, 25 - 07100 - Sassari (SS) Tel. +39 079/252919 E_mail dom.pratico@tiscali.it
---	---

	Studio Berlinguer Coordinamento: Dott. Sergio Berlinguer s.berlinguer@studioberlinguer.com
RELAZIONE GEOLOGICA & IDROGEOLOGICA	

 <p>FW POWER s.r.l.</p> <p>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FW POWER S.R.L. AND IS LENT WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.</p>	CONTRACT N° 0-BD-0695A
	FRAME N°
	THIS DWG. SUPERSEDED BY SCALE
THIS DWG. SUPERSEDES 1:5000	DWG. N° REV.
1	1

INDICE

1	PREMESSA	Pag.	2
2	DESCRIZIONE DEL SITO	-	3
3	PIANO DELLE INDAGINI SPECIFICHE SUI TERRENI E SULLE ROCCE	-	4
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DEL SETTORE	-	11
5	LINEAMENTI GEOSTRUTTURALI GENERALI	-	12
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE	-	12
7	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI LOCALI	-	16
	ASPETTI IDROLOGICI, IDROGEOLOGICI E PERMEABILITA' DELLE	-	
8	LITOLOGIE IN ESAME		18
8.1	Aspetti idrologici	-	19
8.2	Permeabilità dei litotipi	-	20
8.3	Aspetti idrogeologici	-	21
9	CLIMATOLOGIA	-	23
9.1	Precipitazioni	-	24
9.1.1	Precipitazioni eccezionali	-	26
9.2	Temperature	-	28
9.3	Venti	-	30
9.4	Umidità relativa	-	32
9.5	Radiazione solare	-	32
10	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA GLI AMMASSI ROCCIOSI	-	32
10.1	Descrizione geologica del sito	-	33
10.2	Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso	-	33
10.3	Stabilità delle pareti	-	35
11	QUADRO DEI RISULTATI OTTENUTI IN LABORATORIO	-	43
12	CARTA DELLE ACCLIVITA'	-	46
13	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-GEOMECCANICA DEI TERRENI SU CUI POGGIANO GLI AEROGENERATORI.	-	46
14	VERIFICHE DI STABILITÀ PER PENDII IN ROCCIA (Metodo di Hoek e Bray)	-	52
14.1	verifica aerogeneratore T03	-	53
14.2	verifica aerogeneratore T04	-	58
14.3	verifica aerogeneratore T06	-	63
15	CONCLUSIONI	-	68

ALLEGATI

Elaborati stratigrafici – (B1 Report sulle indagini geognostiche);

Sezioni verifiche di stabilità – (B1 Report sulle indagini geognostiche);

Certificati di laboratorio – (B1 Report sulle indagini geognostiche);

Documentazione fotografica – (B1 Report sulle indagini geognostiche).

Tavola 01 – Carta Geologica

Tavola 02 – Carta Gemorfologica

Tavola 03 – Carta Idrogeologica

Tavola 04 – Carta litotecnica

Tavola 05 – Schema bacino idrografico

Tavola 06 – Carta dell'acclività

RELAZIONE GEOLOGICA & IDROGEOLOGICA

1 – PREMESSA

La presente relazione geologica, commissionata dallo Studio Berlinguer per conto della FW POWER S.r.L., con sede in Corsico (MI) Via S. Caboto, 1, nasce dall'esigenza di accorpate in un unico elaborato gli studi e le campagne d'indagini geognostiche effettuate nei periodi Febbraio 2009 ed Aprile 2011 e finalizzati inizialmente alla caratterizzazione preliminare del sito interessato dal progetto di “CENTRALE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA – COMUNE DI PORTO TORRES” ed alla successiva richiesta di integrazione da parte dell'ente verificatore della Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. E della D.G.R. n. 24/23 del 23/04/2008, per il progetto denominato “Progetto di un parco eolico della potenza massima di 45 MW, costituito da 18 aerogeneratori di taglia massima pari a 2,5 MW ciascuno, nel Comune di Porto Torres”.

Normativa di riferimento:

- Decreto Ministeriale 14.01.2008;
 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
 - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009;
 - Delib. G.R. 30 marzo 2004 n. 15/31 *pubblicata nel B.U. Sardegna, 21 agosto 2004 n. 23 – disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
 - alle raccomandazioni sulle indagini A.G.I., 1977;
 - Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico - *Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni*;
 - Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture
- Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).

Lo studio ha compreso:

- il sopralluogo dell'area in esame al fine di valutare la modalità di studio più appropriata;
- lo studio geologico, geomorfologico, idrologico ed idrogeologico dell'area d'interesse e delle zone limitrofe;
- lo studio del terreno interessato dalle opere in progetto;
- la programmazione e l'esecuzione di una opportuna indagine geognostica con l'esecuzione di n. 3 fori di sondaggio a carotaggio continuo della profondità di 20 m dal p.c. Nella campagna d'indagini dell'anno 2009 e di n. 4 fori di sondaggio a carotaggio continuo della profondità di 20 m dal p.c. Nella campagna d'indagini anno 2011;
- il campionamento e l'esecuzione di prove di laboratorio geotecnico per la caratterizzazione geotecnica-geomeccanica dei terreni di fondazione;
- l'esame dei problemi geologico-tecnici connessi con le opere in progetto.

2 – DESCRIZIONE DEL SITO

Geograficamente il sito è inquadrabile nel F° 459 sez. IV “SASSARI”, F° 441 Sez. III “PORTO TORRES”, F° 440 Sez. II “POZZO SAN NICOLA” e F° 458 Sez. I “PALMADULA” in scala 1:25.000 (IGM) e nella Carta Tecnica Regionale nelle Sezioni 440160, 441130, 459010 e 458040 in scala 1:10.000.

Il settore in esame è raggiungibile da est, se si percorre la strada provinciale N° 34 Porto Torres - frazione di Pozzo San Nicola, da nord dalla nuova strada di collegamento Porto Torres – Stintino e da ovest dalla S.P. 57.

Il profilo topografico risulta debolmente acclive e pianeggiante per la zona centrale e settentrionale (loc. Biunisi, Margoneddu e Terra Bianca), con forme degradanti dolcemente verso il mare; collinare per il settore orientale (loc. Monte delle Case) e di “piccolo rilievo” per il settore meridionale, in prossimità del Monte Alvaro. Tutta l'area risulta scarsamente urbanizzata. Dal punto di vista altimetrico, l'area è compresa tra la quota media di circa 25 m s.l.m. (settore nord), in direzione della costa e la quota di circa 340 m s.l.m. nel settore sud, in prossimità del Monte Alvaro.

3 – PIANO DELLE INDAGINI SPECIFICHE SUI TERRENI E SULLE ROCCE

Lo studio geologico-geotecnico deve essere esteso alla parte del sottosuolo (volume significativo) influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dei manufatti e che influenza il comportamento dei manufatti stessi. L'ampiezza della indagine deve perciò essere proporzionata alle dimensioni, al tipo, alle caratteristiche strutturali ed all'importanza dell'opera, alla complessità del sottosuolo ed allo stato delle conoscenze sulla zona in esame. Per le opere previste in progetto, si è proceduto alla caratterizzazione dei terreni di fondazione con indagini in sito, prove di laboratorio geotecnico e facendo riferimento a dati e notizie raccolte da indagini precedenti, eseguite su terreni simili ed in aree adiacenti.

La prima campagna d'indagine eseguita nell'anno 2009 ha visto la realizzazione preliminare di n° 3 sondaggi verticali a carotaggio continuo diam. 101 mm, spinti ad una profondità massima di 20 m. dal p.c. (vd. Carta Geolitologica – Tavola 01); la profondità scelta, oltre a rappresentare quella presunta alla quale si ritiene si abbia l'esaurimento delle tensioni indotte in seguito all'applicazione dei carichi, aveva permesso una buona ed esaustiva ricostruzione stratigrafica iniziale del sottosuolo.

Per l'esecuzione dell'indagine è stata utilizzata una sonda cingolata a rotazione, ad avanzamento idraulico.

La campagna di indagine integrativa effettuata nell'anno 2011, ha visto la realizzazione di n° 4 sondaggi verticali a carotaggio continuo diam. 101 mm, spinti ad una profondità massima di 20 m. dal p.c. La profondità scelta, ha permesso di predisporre, per gli aerogeneratori ubicati lungo i pendii, l'analisi di stabilità dei versanti.

Nel dettaglio, i sondaggi eseguiti nella campagna d'indagine del 2009 sono indicati sulla carta geolitologica e di seguito con il **colore nero**, i sondaggi eseguiti nella campagna d'indagini del 2011 sono indicati sulla carte geolitologica e di seguito con il **colore rosso**:

- **Sondaggio S1**: ubicato nelle vicinanze della Stazione di smistamento in progetto, al piede del Monte Alvaro (341,62 m s.l.m.), lungo un compluvio poco pronunciato con direzione sud-est nord-ovest, ad una quota di circa 100 m s.l.m. (vd. Carta geolitologica), è stato eseguito con il metodo a carotaggio continuo, con l'utilizzo del carotiere doppio del diam. 101 mm e corone diamantate, fino ad una profondità di 20 m dal piano di calpestio. Il substrato mesozoico è stato intercettato a partire da una profondità di circa 0,50 m, al di sotto di una copertura terrigena bruna in scheletro argilloso con ghiaie e ciottoli calcareo dolomitici. Dapprima si presenta sotto forma di un regolite

eterometrico (prodotto di alterazione della roccia madre) dello spessore di circa 1 m, per passare poi ad una alternanza di calcari dolomitici giallastri, caratterizzati da venature riempite da calcite, fortemente fratturati in superficie, con calcari grigi scuri nerastri poco fratturati. L'indice di fratturazione (RQD) risulta piuttosto basso per i primi metri di perforazione, poi mediamente superiore al 50 %; la percentuale di recupero del campione è stata sempre alta (vd. Stratigrafie in allegato). Non si è riscontrata la presenza di falda superficiale. Sui campioni prelevati nel corso del sondaggio sono state condotte una serie di prove di laboratorio geotecnico per la determinazione del peso di volume e della resistenza allo schiacciamento. I risultati ottenuti sono stati corroborati da numerosi dati in nostro possesso estrapolati da indagini geognostiche e prove di laboratorio eseguite su terreni simili in aree limitrofe.

- **Sondaggio S2:** ubicato nel settore settentrionale in loc. “Biunisi”, ad una quota di circa 40 m s.l.m., in un'area morfologicamente pianeggiante (vd. Carta geolitologica) è stato eseguito con il metodo a carotaggio continuo, con l'utilizzo di carotiere semplice e doppio del diam. 101 mm e corone diamantate, fino alla profondità di 20 m dal piano di calpestio. Il substrato mesozoico è stato intercettato a partire da una profondità di circa 1,50 m, al di sotto di una copertura terrigena bruna in scheletro argilloso, con ghiaie e ciottoli calcareo dolomitici. Il substrato è rappresentato da calcari dolomitici giallastri, fortemente fratturati, stratificati, con interposti livelli argillosi decimetrici color giallo ocra, non campionabili perché dilavati dall'acqua di perforazione. Alla profondità compresa tra 3,0 m e 3,8 m e 7,8 e 10 m dal p.c. è stata individuata la presenza di inclusioni argillose di modesto spessore.

L'indice di fratturazione (RQD) risulta piuttosto basso per tutto il sondaggio; la percentuale di recupero del campione non è generalmente elevata a causa della stratificazione (vd. Stratigrafie in allegato), che vede l'alternanza continua di livelli argillosi decimetrici con calcari dolomitici. Si è riscontrata la presenza di falda superficiale ad una quota di circa 10 m dal piano campagna. Le prove di laboratorio geotecnico eseguite su campioni prelevati nel corso del sondaggio, hanno permesso di caratterizzare i livelli argillosi intercalati. Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, si farà riferimento ai risultati ottenuti dalle prove di laboratorio geotecnico effettuate sul foro di sondaggio S1, su campioni della stessa tipologia.

- **Sondaggio S3:** ubicato nel settore orientale in loc. “Monte Delle Case”, ad una quota di circa 57,5 m s.l.m., in un'area morfologicamente collinare,(vd. Carta geolitologica) è stato eseguito con il metodo a carotaggio continuo, con l'utilizzo di carotiere doppio del diam. 101 mm e corone diamantate, fino alla profondità di 20 m dal piano di calpestio. Il terreno vegetale bruno in scheletro argilloso, con ghiaie e ciottoli calcareo dolomitici raggiunge lo spessore di circa 0,70 m. Stratigraficamente verso il basso si riscontra un conglomerato costituito da elementi calcarei dolomitici, giallastri, a spigoli vivi, talora con dimensioni superiori ai 10 cm, in matrice argillosa, molto addensato oltre la profondità di 6,50 m dal p.c.; fino a questa quota non è stato possibile campionare la matrice argillosa; il recupero di campione ha visto soltanto la presenza degli elementi litici. Non si è riscontrata la presenza di falda superficiale.

L'esecuzione del sondaggio geognostico, corroborato da dati ottenuti da ricerche idriche condotte nella zona, vede un'area tettonicamente fortemente disturbata, di transizione tra le litologie mesozoiche e quelle cenozoiche, con rigetti di faglia anche notevoli.

Le prove di laboratorio geotecnico eseguite su campioni prelevati nel corso del sondaggio, hanno permesso di caratterizzare la litologia conglomeratica.

- **sondaggio S1:** ubicato in prossimità della precedente posizione dell'aerogeneratore T12 (rilocato più a nord con il nuovo layout presentato); il foro di sondaggio è stato eseguito con il metodo a carotaggio continuo con l'utilizzo del carotiere doppio del diam. 101 mm e corone diamantate, fino ad una profondità di 19,50 m dal piano di calpestio. Il substrato mesozoico è stato intercettato a partire da una profondità di circa 0,50 m, al di sotto di una copertura terrigena bruna in scheletro argilloso con ghiaie e ciottoli calcareo dolomitici. Dapprima si presenta sotto forma di un regolite eterometrico (prodotto di alterazione della roccia madre) dello spessore di circa 1,5 m, per passare poi ad un calcare debolmente dolomitico giallastro, caratterizzato da mineralizzazioni di calcite a riempimento delle fratture. L'indice di fratturazione (RQD) risulta piuttosto basso; la percentuale di recupero del campione è stata mediocre. Per l'elevata fratturazione si sono avute non poche difficoltà in fase di prelievo del campione con il dilavamento della matrice fino a riempimento delle fratture (non presente in cassetta catalogatrice).

Non si è riscontrata la presenza di falda superficiale. Sui campioni prelevati nel corso del sondaggio sono state condotte una serie di prove di laboratorio geotecnico per la determinazione del peso di volume e della resistenza allo schiacciamento (vd. Stratigrafie in allegato).

- **Sondaggio S2:** ubicato in prossimità dello aerogeneratore T07; l'area si presenta debolmente acclive verso est. E' stato eseguito con il metodo a carotaggio continuo, con l'utilizzo di carotiere semplice e doppio del diam. 101 mm e corone diamantate, fino alla profondità di 20 m dal piano di calpestio. Il substrato mesozoico è stato intercettato a partire da una profondità di circa 1,40 m, al di sotto di una copertura terrigena bruna in scheletro argilloso, con ghiaie e ciottoli calcarei. Il substrato è rappresentato da un calcare grigio, fratturato ma tenace, passante verso il basso oltre alla profondità di 6,6 m dal p.c., ad un calcare marnoso tenero, poco fratturato, caratterizzato da una marcata fissilità sviluppata lungo i piani di strato con livelli carboniosi di spessore millimetrico. Oltre la profondità di 11,3 m dal p.c., calcare giallo ocra, fratturato ma tenace, cariato, debolmente alterato lungo le diaclasi e riempimento di mineralizzazioni calcitiche.

L'indice di fratturazione (RQD) risulta buono, la percentuale di recupero del campione elevata. Non si è riscontrata la presenza di falda superficiale per la profondità di 20,0 m dal p.c. Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, si sono realizzate una serie di prove di compressione monoassiale libera (vd. Stratigrafie in allegato).

- **Sondaggio S3:** ubicato in prossimità dello aerogeneratore T17, l'area si presenta sub pianeggiante; il foro di sondaggio è stato eseguito con il metodo a carotaggio continuo, con l'utilizzo di carotiere doppio del diam. 101 mm e corone al widia, fino alla profondità di 20 m dal piano di calpestio. La stratigrafia evidenzia la presenza di depositi continentali di copertura per uno spessore di circa 12 m dal p.c., rappresentati da una alternanza di strati argillo sabbiosi plastici, sabbie argillose e sabbie limose, con livelli prettamente clastici di ghiaie e ciottoli calcarei. Stratigraficamente verso il basso s'intercettano le marne gessifere e argilliti gessifere, tenere di età triassica (Keuper) con fissilità ad alto angolo che marcano i piani di strato.

Le prove di laboratorio geotecnico eseguite su campioni prelevati nel corso del sondaggio, hanno permesso di caratterizzare gli strati argillosi di testa ed i depositi gessiferi di base, al fine di poter predisporre nella fase esecutiva l'opportuno dimensionamento della fondazione.

Si è riscontrata la presenza di falda superficiale alla profondità di 1,5 m dal p.c., con buona probabilità soggetta a variazioni sostanziali stagionali (vd. Stratigrafie in allegato).

- **Sondaggio S4:** ubicato in prossimità dello aerogeneratore T04 su un area debolmente acclive verso est e morfologicamente collinare, è stato eseguito con il metodo a carotaggio continuo, con l'utilizzo di carotiere doppio del diam. 101 mm e corone diamantate, fino alla profondità di 20 m dal piano di calpestio. Il terreno vegetale bruno è praticamente assente; si è intercettato un terreno di riporto di spessore alquanto limitato, utilizzato per la realizzazione della strada; segue verso il basso un regolite eterometrico, prodotto di disgregazione della roccia madre per passare ad un calcare giallastro debolmente dolomitico, fortemente alterato e facilmente disgregabile. Il deposito litoide si intercetta nuovamente a partire dalla profondità di 3,3 m dal p.c. con il calcare giallastro, passante alla profondità di poco più di 8,0 m dal p.c., ad un calcare grigio debolmente marnoso, caratterizzato dalla presenza di lenti carboniose di spessore millimetrico con fissilità a bassissimo grado (sub orizzontale), alternati a calcari gialli tenaci ricchi in mineralizzazioni di calcite.

L'indice di fratturazione (RQD) risulta buono, la percentuale di recupero del campione elevata. Non si è riscontrata la presenza di falda superficiale per la profondità di 20,0 m dal p.c.

Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, si sono realizzate una serie di prove di compressione monoassiale libera (vd. Stratigrafie in allegato).

Le indagini in laboratorio sono state eseguite mediante specifiche prove geotecniche su campioni semidisturbati (classe di qualità Q4) e disturbati (classe di qualità Q3).

Le prove di laboratorio hanno consentito di determinare le proprietà e le caratteristiche fisiche generali dei terreni e delle rocce. Gli strumenti utilizzati sono di recente costruzione e corredati dai relativi certificati di taratura.

In particolare è stato utilizzato:

- N°2 Macchine di taglio per scatole di Casagande;
- N° 1 bilancia con precisione al centesimo di grammo;
- N°1 Stufa essiccatrice da 300 l;
- N. 1 pressa da 2000 kN con acquisitore digitale.

Per le prove di taglio sono state utilizzate celle a sezione circolare da 20 cmq e comparatori digitali collegati ad un sistema di acquisizione ed elaborazione Datalog Controls. Il rilevamento delle tensioni di carico è stato effettuato mediante celle di carico collegate al sistema di acquisizione.

Le prove sono state realizzate in modalità consolidata e drenata (velocità mm/min 0,001).

Nella seguente tabella vengono elencate le prove eseguite per ciascun campione rispettivamente per la campagna d'indagini dell'anno 2009 (indicate con il **colore nero**) e per la campagna d'indagini dell'anno 2011 (indicate con il **colore rosso**); con la lettera S seguita da un numero crescente viene indicato il nome del foro di sondaggio a carotaggio, con la lettera C seguita da un numero crescente, viene indicato il campione su cui è stata condotta la prova:

Tabella 1
 (campagna d'indagini anno 2009)

<i>N. campione</i>	<i>Prof. prelievo (m)</i>	<i>Prova di taglio</i>	<i>Limiti e indici di consistenza</i>	<i>Carico di Rottura</i>	<i>Peso di volume nat. Reale, Sat. Sec. %H₂O</i>
S1C2	2,60 – 2,90			X	X
S1C3	5,00 – 5,30			X	X
S1C4	6,50 – 7,00			X	X
S1C5	7,00 – 7,70			X	X
S1C6	7,70 – 8,00			X	X
S1C9	10,10 – 10,40			X	X
S1C10	12,50 – 12,80			X	X
S1C12	14,50 – 15,00			X	X
S2C8	3,50 – 3,75	X	X		X
S2C9	8,50 – 8,70	X	X		X
S3C1	6,60 – 6,80	X	X		X
S3C2	8,40 – 8,70	X	X		X
S3C6	18,45 – 18,70			X	X
S3C7	18,70 – 19,00			X	X

Tabella 2
 (campagna d'indagini anno 2011)

<i>N. campione</i>	<i>Prof. prelievo (m)</i>	<i>Prova di taglio</i>	<i>classificazione</i>	<i>Carico di Rottura</i>	<i>Peso di volume nat. Reale, Sat. Sec. %H₂O</i>
S1C1	5,00 – 5,30			X	X
S1C2	7,00 – 7,30			X	X
S1C3	7,70 – 7,90			X	X
S1C4	8,30 – 8,50			X	X
S1C5	13,60 – 13,80			X	X
S1C7	14,70 – 15,00			X	X
S1C9	18,40 – 19,00			X	X
S2C2	3,10 – 3,50			X	X
S2C5	5,20 – 5,90			X	X
S2C6	5,50 – 5,70			X	X
S2C7	7,10 – 7,50			X	X
S2C8	8,08 – 8,40			X	X
S2C9	9,50 – 10,00			X	X
S2C12	12,10 – 12,50			X	X
S2C13	14,10 – 14,60			X	X
S3C1	3,00 – 3,30	X	X		
S3C2	6,30 – 6,50	X	X		
S3C3	7,70 – 8,00	X	X		
S3C4	10,50 – 10,70	X	X		
S3C5	14,20 – 14,50			X	X
S3C6	15,50 – 15,80			X	X
S3C7	17,30 – 18,00			X	X
S3C8	18,30 – 18,90			X	X
S3C9	19,10 – 19,60			X	X
S4C1	3,30 – 4,00			X	X
S4C2	5,00 – 5,50			X	X
S4C3	5,50 – 5,70			X	X
S4C4	8,50 – 9,00			X	X

<i>N. campione</i>	<i>Prof. prelievo (m)</i>	<i>Prova di taglio</i>	<i>classificazione</i>	<i>Carico di Rottura</i>	<i>Peso di volume nat. Reale, Sat. Sec. %H₂O</i>
S4C5	14,00 – 14,30			X	X
S4C6	10,50 – 10,80			X	X
S4C7	15,30 – 15,60			X	X
S4C8	18,00 – 18,35			X	X

L'indice di qualità degli ammassi rocciosi (Rock Quality Designation) riscontrato lungo il corso delle perforazioni, è stato inserito direttamente in ogni stratigrafia. Questo parametro, a differenza della sola resistenza a compressione, esprime un giudizio qualitativo dell'ammasso roccioso, comprensivo delle discontinuità (Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, A.G.I., 1977).

**Tabella 3
(Deere, 1967)**

<i>RQD (%)</i>	<i>Qualità della roccia</i>
<i>0-25</i>	<i>Molto scadente</i>
<i>25-50</i>	<i>Scadente</i>
<i>50-75</i>	<i>Discreta</i>
<i>75-90</i>	<i>Buona</i>
<i>90-100</i>	<i>Eccellente</i>

La cartografia, gli elaborati stratigrafici, i certificati di laboratorio e la documentazione fotografica, costituiscono allegato alla presente relazione.

4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DEL SETTORE

Il settore in esame rappresenta la parte marginale nord-occidentale dell'ampio bacino sassarese su cui si è impostata, tra l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore, la cosiddetta “fossa Sarda”, compresa tra il Golfo dell'Asinara ed il Golfo di Cagliari. Durante tale periodo, a causa dei movimenti roto-traslazionali del micro-continente sardo-corso, la formazione del vasto rift ha permesso la messa in posto delle vulcaniti oligomioceniche e l'ingressione marina miocenica.

Il vulcanismo oligo-miocenico è costituito da una serie ignimbratica caratterizzata da prodotti riolitici-dacitici e principalmente da Ash-flow ed in minore quantità di Pomice-flow di tipo fessurale

altamente esplosivo; si presenta di norma, in grosse bancate sub-parallele, arealmente anche molto estese (tufi e ignimbriti); diffusa soprattutto nel nord Sardegna, si alterna con lave andesitiche fino alla fine del ciclo. Tali prodotti hanno generalmente un aspetto massivo, spesso cupuliforme, e sono da ritenersi un prodotto di effusioni laviche locali con deboli episodi esplosivi.

Nella Sardegna nord-occidentale tale fase tettonica non ha portato alla formazione di depositi sedimentari marini e/o vulcanici terziari, ma si è esplicata con una serie di discontinuità strutturali che hanno portato alla fratturazione del basamento mesozoico sottostante costituito da un'alternanza di calcari e dolomie. Tali discontinuità sono state riattivate durante gli ultimi eventi tettonici d'età plioquaternaria, con conseguenze morfologiche tuttora evidenti.

Il quaternario infine, è caratterizzato sia da una fase tettonica di tipo distensiva, sia dalle grandi variazioni climatiche che, nel settore in esame, hanno dato luogo alla formazione di depositi alluvionali e di vasti depositi eolici.

La fase tettonica plio-quaternaria, si è sviluppata accentuando, in prossimità della costa occidentale, la sua subsidenza pliocenica; la concomitanza con le grandi variazioni climatiche ha favorito dei processi erosivi particolarmente intensi. Il mare ed i torrenti, con la loro attività erosiva e d'accumulo, hanno determinato, in quest'era, l'attuale configurazione dell'isola.

5 –LINEAMENTI GEOSTRUTTURALI GENERALI

I lineamenti strutturali del settore in esame, quasi esente da movimenti e da disturbi di tipo orogenetico del Mesozoico, sono stati influenzati prima dalla tettonica terziaria e successivamente da quella plio-quaternaria.

Il quadro strutturale dell'intera area nord occidentale della Sardegna è caratterizzato dalla presenza di due sistemi di fratture, uno principale diretto N-S ed uno secondario diretto E-W.

L'ultima fase tettonica d'età plio-quaternaria ha riattivato le antiche linee di frattura, oltre a creare un nuovo sistema di discontinuità tettoniche dirette ortogonalmente rispetto al precedente. In corrispondenza dell'area in esame le discontinuità non sono direttamente osservabili.

6 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Nel settore in esame, le litologie presenti sono costituite in prevalenza da rocce sedimentarie di età mesozoica; nella parte orientale e settentrionale affiorano marginalmente sedimenti di età cenozoica miocenica e in particolare lungo le valli fluviali, depositi di età quaternaria e recente.

I depositi mesozoici sono caratterizzati da calcari e calcari dolomitici di colore variabile dal bianco al grigio all'azzurrognolo, spesso brecciati e con grado di fratturazione medio alto ad indicare l'importante disturbo tettonico. Sono spesso rinvenibili lungo diaclasi e faglie, mineralizzazioni calcitiche. Il rilievo geologico di superficie di maggior dettaglio e l'indagine geognostica del 2011 realizzata, ha permesso di poter redarre una carta geologica di dettaglio alla scala 1:5.000. La litologia predominante è senza ombra di dubbio rappresentata dalle rocce sedimentarie del Giurassico; solo nella parte settentrionale, su foro di sondaggio S3 (indagine del 2011), è stato intercettato il Triassico con il Keuper.

Nel dettaglio, la descrizione litologica dell'area per i soli settori interessati dagli aerogeneratori, dal basso verso l'alto, può essere ora così rappresentata (vd. Carta geologica):

- **Depositi del Trias superiore (Keuper):** i depositi triassici sono caratterizzati da argille bruno-rossatre gessose di ambiente evaporitico che affiorano in maniera poco evidente a nord di Montè Rosè e che sono state rinvenute nel solo sondaggio S3 alla profondità di circa 11 m al di sotto dei depositi quaternari. Le argille gessose presentano una marcata fissilità lungo i piani di strato che mostrano un'inclinazione in genere più elevata rispetto ai sovrastanti depositi giurassici. I depositi del Keuper sono seguiti da potenti depositi carbonatici di età giurassica caratterizzati da calcari e calcari dolomitici di colore variabile dal bianco al grigio giallastro, con grado di fratturazione medio; sono spesso rinvenibili lungo le discontinuità, mineralizzazioni calcitiche. Alla base sono presenti calcari di colore grigio-bluastro di spessore modesto che rappresentano la base del Giurassico (Lias) e che non sono stati distinti nella carta geologica.
- **Depositi carbonatici giurassici:** i depositi giurassici mostrano una grande variabilità di facies con la presenza di dolomie giallo-brune, stratificate e calcari oolitici (Cava di Monte Rosè), calcari micritici grigio chiaro stratificati, marne e argille grigio-neraste del Dogger (fig.1); seguono stratigraficamente verso l'alto, i calcari micritici e bioclastici ben stratificati con colore variabile dal biancastro al nerastro, dolomie e livelli marnosi ed argillosi, dolomie diagenizzate grigio scure (Monte Alvaro) del Giurassico superiore (Malm). Dal punto di vista strutturale il Mesozoico è rappresentato da blande ondulazioni ad asse all'incirca NS e NE – SW con giacitura degli strati in genere monoclinica che denota localmente un'immersione vero i quadranti meridionali e meno frequentemente verso quelli occidentali.

L'esposizione migliore della serie si osserva nei tagli artificiali delle cave di Monte Rosè (figg.1-2) e Molte Alvaro dove il Giurassico è esposto per circa 200 m di spessore. Nei tagli artificiali di Monte Rosè in particolare gli strati, in genere di spessore inferiore al metro, mostrando una discreta continuità anche se sono talvolta interessati da discontinuità tettoniche che presentano un'orientazione NS e NW-SE con immersione verso E e inclinazioni di circa 60-70° gradi. Queste faglie, pur non mostrano rigetti sensibili, tendono localmente, a peggiorare notevolmente le caratteristiche di coesione dell'ammasso roccioso per la presenza di breccie e zone ad elevata fratturazione (figg.2-3).



Fig. 1 – Successione giurassica visibile nella cava di Monte Rosè); è evidente la stratificazione a reggipoggio.



Fig. 2 - Sistemi di faglia con piano orientato N45/74 (Loc. Monte Rosè).



Fig. 3 - Area fortemente fratturata in corrispondenza della faglia con piano orientato N80/60 (Loc. Monte Rosè).

- **Depositi miocenici:** i depositi miocenici sono presenti solo nel settore nord della carta e sono costituiti da conglomerati ed arenaree a ciottoli del basamento mesozoico che sormontano i depositi del Giurassico medio. Su questo tipo di substrato non è previsto l’impianto di aerogeneratori.
- **Depositi recenti ed attuali (Quaternario):** i depositi quaternari sono rinvenibili nelle aree topograficamente più depresse e lungo il reticolo idrografico attuale. Sono caratterizzati da depositi conglomeratici con ciottoletti di quarzo e calcari mesozoici con abbondante matrice di tipo argilloso, di colorazione rossastra; intercalati si rinvengono depositi sabbiosi e sabbioso limosi a matrice argillosa con stato di consistenza generalmente da sciolto a scarsamente addensato. Sono localizzati lungo l’alveo del Rio Fiume Santo e dei corsi d’acqua minori. La potenza della coltre alluvionale è variabile, ma mediamente non supera i 15,00 m di spessore.

7 – LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI LOCALI

L’area in studio è caratterizzata da una superficie topografica variabile, comprendente una morfologia di “piccolo rilievo” per il settore meridionale in prossimità di Monte Alvaro, una morfologia collinare per il settore orientale (loc. “Monte delle Case”) ed infine debolmente acclive e pianeggiante per il settore settentrionale, in località “Biunisi”, con una quota altimetrica compresa tra circa 25 m, a nord in direzione della costa, e poco più di 340 m, a sud, in direzione di Monte Alvaro (vd. Carta geomorfologica).

La morfologia del settore in esame è funzione sia delle litologie affioranti, caratterizzate da un diverso grado di erodibilità, sia della tettonica plio-quaternaria che ha fratturato i litotipi più compatti e modificato i livelli di base dei corsi d’acqua.

Il basamento mesozoico, con andamento per lo più pianeggiante, crea un “terrazzo” morfologico degradante dolcemente verso il mare. Solo localmente, in prossimità della sponda orientale del Rio Fiume Santo, si osserva una rottura di pendio che ha dato luogo alla formazione di una cornice, con un’alta fratturazione in blocchi, orientata circa N-S, in direzione della direttrice tettonica.

L’area pianeggiante della parte settentrionale, si raccorda, verso sud, con una valle poco pronunciata, passando dai rilievi mammellonari di M.te Elva, M.te Elveddu fino al M.te Giusta.

I depositi fluviali, con spessori di pochi decimetri in prossimità del contatto con i versanti della valle, raggiungono anche i 10-15 m in prossimità della costa, raccordandosi con i depositi marini

sabbioso-ciottolosi che, nella parte occidentale del Fiume Santo costituiscono un piccolo terrazzo sul mare.

Localmente, l'area oggetto di studio mostra una scarsa urbanizzazione; l'impatto antropico maggiore è legato all'insediamento dell'area industriale ed alle strutture connesse, le quali occupano arealmente una considerevole porzione di territorio, sia lungo il perimetro costiero che verso l'interno. La linea di costa, sul lato occidentale è stata in alcuni tratti spostata a mare attraverso colmate e ripiene, bordate da massi frangiflutti. All'interno, per il settore meridionale, la modifica antropica rilevante è rappresentata dalle attività di cava di Monte Rosè e di Monte Alvaro; entrambe estraggono inerti calcareo dolomitici.



Fig.4: Veduta della cava di Monte Alvaro.

Il reticolo idrografico è rappresentato, ad occidente, dal Rio Fiume Santo che scorre ad una distanza di poco meno di 2 km ad ovest dell'area in studio, lungo il bordo occidentale della fossa tettonica miocenica, fino a sfociare nel Golfo dell'Asinara immediatamente ad occidente dell'abitato di Porto Torres. L'alveo, impostato su un evidente linea di fratturazione, ha creato, in alcuni tratti a monte, una valle a "V" con sponde alte anche una ventina di metri. La superficie topografica è rappresentata da una vallecola parzialmente riempita da prodotti alluvionali; le variazioni di pendenza sono abbastanza

regolari ed i versanti degradano dolcemente verso la linea di compluvio. Nel periodo estivo, l'alveo è interessato da un rivolo di scarsa portata con profondità non superiore ai 20 cm ed estensione inferiore al metro.

Sul lato orientale s'individua il bacino idrografico più ampio della Nurra, facente capo all'asta fluviale del Rio Mannu di Porto Torres. L'area in esame risulta quindi posizionata in prossimità dello spartiacque che separa i due bacini; ad occidente quello del Fiume Santo, di dimensioni ben più ridotte rispetto a quello di oriente, facente capo al Rio Mannu di Porto Torres.

Dal punto di vista morfologico, per il territorio in studio, non si riscontrano particolari processi morfogenetici; il settore meridionale, compreso tra la cava di Monte Rosè e la cava di Monte Alvaro, caratterizzato da maggiore altitudine, è interessato da localizzati fenomeni di erosione della copertura pedogenetica, che lasciano intravedere in affioramento il substrato. Spiccano, nel paesaggio, alcune cornici rocciose calcareo dolomitiche stratificate, di piccole cave di prestito.

L'area d'intervento, in considerazione della sua natura geologica, delle caratteristiche geo-meccaniche, nonché della sua conformazione geomorfologia non presenta a tutt'oggi condizioni di instabilità dei versanti e/o pendii o altri evidenti fenomeni deformativi (erosioni, smottamenti, frane).

Sull'area non si segnala la presenza di alterazioni significative della struttura pedologica (variazione ad es. della permeabilità e della porosità) né forme significative di erosione (idrica e/o eolica). L'impatto che l'intervento andrà a realizzare sull'assetto geomorfologico attuale, sarà abbastanza limitato in quanto non sono previsti eccessivi movimenti di materiale e/o sbancamenti (fatta eccezione degli scavi di fondazione degli aerogeneratori). Per la realizzazione delle piste di accesso e dei piazzali, non si produrranno eccessivi movimenti di terra in quanto queste "seguiranno" l'attuale conformazione geomorfologica dell'area. Anche le opere fuori-terra sono state minimizzate mediante la realizzazione di cavidotti che consentiranno di annullare l'impatto visivo.

Per quanto riguarda il regime vincolistico, è stata fatta una verifica cartografica del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico). Diversi settori dell'abitato di Porto Torres sono stati recentemente perimetrati, al fine di determinare i vincoli derivanti dalla Legge n. 267/1998 (Perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia - PAI). La sovrapposizione dei limiti dei vincoli geologico geomorfologico e geologico idraulico ha permesso di verificare come **l'area di pertinenza risulti esterna alla perimetrazione di pericolosità, sia per frana che idraulica.**

8 - ASPETTI IDROLOGICI, IDROGEOLOGICI E PERMEABILITA' DELLE LITOLOGIE IN ESAME

L'intero territorio della Sardegna è stato suddiviso in sette sub bacini (Delibera Regionale n. 45/57 del 30/10/1990), ognuno dei quali caratterizzato in grande da omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrogeologiche. Il territorio in studio ricade all'interno del bacino del Coghinas-Mannu-Temo, che con una estensione di 5402 kmq, rappresenta circa il 23% del territorio regionale.

8.1 – Aspetti idrologici

Dal punto di vista idrologico, l'area in esame è ubicata a cavallo della linea spartiacque che separa, ad occidente, il bacino idrografico facente capo al Fiume Santo e ad oriente, il bacino idrografico facente capo al Rio Mannu di Porto Torres (vd. Schema bacino idrografico). Nel dettaglio, **il bacino idrografico occidentale** origina con il Rio D'Astumini da Punta Signadoggiu (circa 374 m s.l.m.) e Punta De Li Cornu (circa 360 m s.l.m.); dopo circa 1600 m si raccoglie in un piccolo bacino di accumulo a quota di circa 180 m s.l.m.; costeggia l'abitato di Palmadula alla quota di circa 123 m s.l.m. fino ad attraversare la strada provinciale che conduce a Scala Erre, rinominandosi Rio Osanna, per poi divenire il Rio Fiume Santo ad una quota di circa 13 m s.l.m.

La forma e l'organizzazione del reticolo idrografico, legate essenzialmente ai processi tettonici, sono di tipo dendritico, sviluppato a monte, debolmente sviluppato a metà bacino e meandriforme solo in prossimità della foce. Quando le aste fluviali s'impostano lungo le linee di frattura, normalmente con direzione SE-NW, il reticolo idrografico, localmente, assume un aspetto sub-parallelo.

Il reticolo idrografico risulta abbastanza sviluppato, per la presenza di litologie a scarsa permeabilità, prevalentemente a monte del bacino, rappresentate da filladi e quarziti metamorfiche, che favoriscono lo scorrimento superficiale delle acque, a discapito dell'infiltrazione. Man mano che si scende verso valle, lo sviluppo del reticolo idrografico si riduce a causa dell'aumento della permeabilità delle litologie carbonatiche mesozoiche che si estendono fino alla parte settentrionale dell'area presa in esame. In prossimità della foce del Fiume Santo si riscontra la presenza di depositi alluvionali, anche di modesto spessore (con valori dell'ordine dei 10 m dal p.c.). Laddove il reticolo idrografico diventa meandriforme (in relazione delle scarse pendenze), in presenza di eventi precipitosi intensi, l'elevata componente argillosa dei depositi alluvionali, crea i presupposti per la formazione di ristagni idrici superficiali.

La porzione di bacino idrografico su cui ricade l'area in esame si presenta scarsamente antropizzata; la copertura vegetale è in genere presente e sviluppata.

Il bacino idrografico orientale, fa invece capo al Rio Mannu di Porto Torres, corso d'acqua principale, sul quale confluiscono, nella parte più montana, il Rio Bidighinzu con il Rio Funtana Ide (detto anche Rio Binza e Sea); il Rio Minore si congiunge al Mannu in sponda sinistra; il Rio Carrabusu, affluente in sinistra idrografica; il Rio Mascari, affluente in sponda destra.

Lo sviluppo del reticolo idrografico è meno elevato rispetto a quello del bacino occidentale. Per lo più s'individuano delle grosse aste fluviali (Rio D'Ottava, Rio Sant'Orsola, Rio Ertas) mentre è ridotto il reticolo idrografico minore. Il bacino idrografico facente capo al Rio Mannu di Porto Torres è molto esteso. Le litologie prevalenti a valle del bacino, dal sassarese fino alla costa di Porto Torres, sono rappresentate da depositi sedimentari marini miocenici quali calcari, calcareniti e marne. Ad occidente di Porto Torres si riscontrano i depositi mesozoici calcarei e calcareo dolomitici. I corsi d'acqua sono impostati lungo le linee di frattura con andamento SE-NW. In relazione di scarse pendenze, in prossimità della foce, il reticolo idrografico assume un andamento meandriforme.

Nel dettaglio, per l'area d'intervento, gli aerogeneratori sono stati posizionati in modo tale da non interessare alvei e canali ed in modo tale da non ricadere all'interno di compluvi significativi (vd. Carta Idrogeologica). Sono invece generalmente ubicati in prossimità delle linee spartiacque, riducendo così al minimo i tempi di corrivazione; non intercettano deflussi rilevanti e quindi non necessitano di drenaggi particolari per le acque verso recapiti ben definiti.

Gli attraversamenti dei cavidotti interrati verranno progettati in modo da salvaguardare il libero deflusso delle acque superficiali.

8.2 – Permeabilità dei litotipi

I depositi **calcarei mesozoici**, riscontrabili nella totalità del territorio esaminato (vd. Carta Idrogeologica), presentano una permeabilità varia, funzione essenzialmente della loro struttura e della fessurazione, quest'ultima dovuta sia ai fenomeni fisici e tettonici, sia alla degradazione fisica superficiale. In generale si può dire che queste rocce presentano una permeabilità superficiale medio alta, consentendo una buona circolazione sotterranea che avviene prevalentemente lungo le discontinuità: da un lato le dislocazioni tettoniche hanno determinato la formazione, all'interno della compagine carbonatica, di vie preferenziali per la circolazione idrica sotterranea; dall'altro, gli agenti esogeni hanno contribuito ad approfondire e carsificare le fratture tettoniche, ampliando il sistema

idrico sotterraneo. I calcari, calcari dolomitici, dolomie, calcari oolitici, calcari bioclastici, calcari marnosi, calcari micritici, gessi e argille presentano una permeabilità complessivamente alta per fessurazione e carsismo nei termini carbonatici e localmente bassa nei termini marnoso argillosi (Unità Carbonatica Mesozoica).

I depositi **cenozoici miocenici**, individuabili nel settore settentrionale dell'area d'interesse e solo perimetralmente (vd. Carta Idrogeologica), sono rappresentati prevalentemente da conglomerati e arenarie e presentano una permeabilità complessiva medio alta per porosità e subordinatamente per fessurazione e/o carsismo (Unità detritica Carbonatica Oligo Miocenica).

Infine i depositi quaternari alluvionali conglomeratici, sabbioso argillosi, presentano una permeabilità per porosità complessiva medio-bassa, alta nei livelli a matrice grossolana (Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie).

Per le opere in progetto non si prevedono superfici impermeabilizzate, ad esclusione di alcune aree della stazione di smistamento; la stessa fondazione dello aerogeneratore verrà interrata ad una quota più bassa del piano di campagna lasciando quindi in superficie il fondo naturale rinverdito.

8.3 – Aspetti idrogeologici

Da prospezioni geofisiche e dati ottenuti con perforazioni per ricerche idriche eseguite dal Consiglio di Amministrazione della Cassa per il Mezzogiorno nell'anno 1980, si rilevava che la serie calcarea della Nurra risultava interamente fagliata secondo due sistemi di frattura principali, NE-SO e NO-SE; i limiti del bacino idrogeologico erano definiti ad ovest e a sud-est con il limite degli affioramenti calcarei e ad est con la discontinuità tettonica della fossa Sarda. Una serie di faglie dirette con rigetti prevalentemente verticali hanno creato una struttura a gradinata, mascherata successivamente dai sedimenti miocenici.

Nel settore in esame l'idrologia sotterranea è regolata, a monte, dalla presenza del substrato essenzialmente calcareo e calcareo-dolomitico con permeabilità media-alta; il grado di permeabilità di questi acquiferi dipende soprattutto dal grado di fratturazione del complesso ed è limitata dagli orizzonti francamente argillosi frequentemente intercalati. Le formazioni sedimentarie mioceniche e quaternarie presenti nel settore nord-occidentale del territorio sono caratterizzate, nel complesso, da una buona conducibilità idraulica. La falda, come evidenziato nella carta idrogeologica, defluisce verso mare ed è in collegamento con la rete idrografica definita dai corsi d'acqua di maggiore importanza, in particolare del Fiume Santo. Le isopiezometriche sono state ricostruite sulla base di una analisi del

territorio, sul censimento dei pozzi esistenti ed effettivamente verificabili. Il settore di cui si ha un maggior numero di dati è sicuramente quello a valle, dove sono stati utilizzati i vari piezometri esistenti all'interno del perimetro del Sito d'Interesse Nazionale delle aree da bonificare per il settore di Porto Torres.

La falda è individuata ad una profondità media di circa 30 m sl.m. (soggiacenza) per il settore settentrionale in loc. Biunisi: la circolazione idrica avviene prevalentemente nel substrato calcareo fratturato con una direzione di deflusso S-NE. La superficie di “scorrimento” della falda è un piano leggermente inclinato con gradiente costante ed in regime permanente. Man mano che ci si sposta verso monte, le informazioni idrogeologiche si riducono, con una scarsità di dati tra la cava di Monte Rosè e la cava di Monte Alvaro.

L'escursione stagionale del livello statico della falda, soprattutto per il settore a valle, in relazione delle future opere da realizzarsi, può considerarsi minima ed ininfluente. L'elevata componente argillosa dei depositi terrigeni di copertura, evidenziati con il foro di sondaggio **S2** (spessore di circa 1,50 m), è causa della riduzione della permeabilità superficiale, la quale determina la formazione di ristagni idrici anche di modeste dimensioni.

Dal punto di vista di una potenziale contaminazione, da imputare agli interventi previsti in progetto, si può ritenere che i principali fluidi utilizzati in un aerogeneratore sono l'olio per le trasmissioni pneumatiche, l'olio di raffreddamento e l'olio di lubrificazione, generalmente in quantità tali da non comportare fonte d'impatto per l'ambiente. L'acquifero principale individuabile a “monte”, dalla cava di Monte Alvaro fino alla cava di Monte Rosè, è di tipo profondo; risulta quindi basso il rischio di una eventuale contaminazione della falda dalla realizzazione delle opere. L'acquifero di valle (loc. Biunisi) invece, è considerato di tipo superficiale; in prossimità dello aerogeneratore T18 è individuabile a circa 10 m dal p.c. L'unico aerogeneratore che poteva interferire con linee di compluvio ed il deflusso superficiale per il settore d'intervento era rappresentato dal T17 ora rilocato ed allontanato da un canale di smaltimento delle acque meteoriche. In tale punto è stato realizzato il foro di sondaggio **S3** che ha permesso di valutare lo spessore del deposito alluvionale stimato in circa 12 m di spessore. La linea di compluvio non può certo essere considerata come significativa anche se per l'area individuata sono presenti ristagni superficiali, legata ad una falda superficiale di tipo stagionale (soggiacenza 1,5 m dal p.c.) ed un canale di smaltimento delle acque su una superficie topografica praticamente pianeggiante e privo della manutenzione ordinaria. Per le aree (aerogeneratore T18 e T17) con falda superficiale, si potrebbe valutare l'ipotesi di utilizzare, al di sopra della fondazione,

terreni a forte componente argillosa, che del resto sono presenti nel settore indagato (foro di **sondaggio S2 e S3**).

I fori di sondaggio realizzati sui depositi calcarei mesozoici, per la profondità d'indagine indagata (non superiore a 20 m) non hanno individuato la presenza di falda superficiale.

Per quanto riguarda il regime vincolistico, la verifica cartografica mediante la sovrapposizione dei limiti derivanti dal vincolo idrogeologico (ai sensi del R.D. n. 3267/23.) con la Carta Tecnica Regionale, ha permesso di verificare come **l'area di pertinenza risulti esterna a tale perimetrazione.**

9 – CLIMATOLOGIA

Per la caratterizzazione climatologica dell'area sono stati considerati i seguenti fattori climatici¹:

- -precipitazioni;
- -temperature;
- -venti;
- -umidità relativa;
- -radiazione solare.

I dati storici relativi alle precipitazioni e alle temperature che meglio interpretano le condizioni climatiche dell'area in esame, sono stati raccolti dalle misurazioni effettuate nella stazione pluviometrica di Porto Torres ed in quella termometrica di Sassari e sono di seguito riassunti:

Tabella 4

Stazione	Coordinate chilometriche		Quota [m s.l.m.]	Altezza sul suolo [m]	Anno inizio osservazioni	Anni completi
	Gauss-Boaga					
P. Torres	N 4520660	E 1449670	2.00	1.50	1922	67
Sassari	N 4508040	E 1462430	224.00	4.00	1924	46

Non sono stati presi in considerazione i dati termometrici della stazione di Porto Torres, in quanto non si dispone di un numero di osservazioni statisticamente valide che possano caratterizzare l'andamento delle temperature nella zona in esame. *Gli altri dati meteo-climatici sono stati rilevati dalla bibliografia esistente.*

¹ A. Serra: introduzione allo studio della climatologia dinamica della Sardegna, Atti XVII Congr. Geogr. Ital., Bari, 1957;
A. Serra: note di climatologia della sardegna, Riv. Met., n. 1 Roma, 1950

9.1 - Precipitazioni

Nella tabella seguente sono riportati i valori medi mensili degli afflussi meteorici (espressi in mm), misurati nella stazione pluviometrica di Porto Torres dal 1922 al 1991 e pubblicati dal SISS.

Le ultime tre righe riportano il numero delle osservazioni, la media mensile del periodo d'osservazione e la deviazione standard della distribuzione dei valori mensili misurati. Quest'ultimo risultato mostra come ci sia una grande dispersione dei dati rispetto alla media, indice della variabilità e della casualità degli eventi meteorici nei diversi anni di osservazione.

Tabella 5

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot.
1922	70,0	26,5	72,0	39,0	26,2	12,8	0,0	5,0	115,5	30,0	24,0	85,0	506,0
1923	79,0	72,0	33,5	37,0	21,0	6,0	0,0	0,0	15,0	19,0	221,0	178,0	681,5
1924	40,5	131,0	53,0	41,0	12,0	35,2	0,0	13,0	33,0	68,7	71,5	94,7	593,6
1925	9,0	62,0	62,0	53,0	49,7	0,5	29,5	16,0	33,5	44,5	70,7	45,4	475,8
1926	28,4	10,0	42,2	51,5	47,8	4,2	13,5	0,1	8,7	51,7	140,0	91,3	489,4
1927	119,0	41,5	21,5	12,0	26,5	8,4	0,5	0,0	4,3	118,0	90,0	228,0	669,7
1928	36,2	15,0	76,1	35,1	54,0	0,0	0,8	0,5	82,2	53,4	95,6	97,7	546,6
1929	59,3	14,5	6,5	13,8	11,1	0,0	0,0	0,0	6,0	109,0	190,0	40,0	450,2
1930	62,0	98,0	72,0	70,0	27,0	0,5	0,0	1,0	41,0	41,0	18,0	85,0	515,5
1931	28,0	54,0	48,0	12,0	46,0	1,0	0,0	3,0	28,7	30,2	117,0	69,0	436,9
1932	14,0	59,0	44,8	51,2	15,3	33,4	27,2	32,5	50,2	112,4	91,5	82,5	614,0
1933	76,8	68,4	18,2	37,4	2,3	9,0	0,0	0,0	58,8	46,3	157,0	139,3	613,5
1934	30,9	58,6	80,4	50,0	7,3	0,0	0,0	34,0	7,0	14,0	137,0	127,5	546,7
1935	52,8	37,5	74,0	20,0	57,5	0,0	0,0	92,0	29,0	242,5	88,0	69,0	762,3
1936	54,0	71,5	51,5	59,0	76,0	9,0	4,0	0,0	38,0	118,0	40,5	54,0	575,5
1937	34,5	42,5	140,0	15,5	15,0	1,5	0,5	21,0	48,5	86,2	15,4	154,7	575,3
1938	7,0	29,0	7,0	15,3	37,1	0,0	8,0	11,0	51,3	81,8	87,9	132,7	468,1
1939	43,9	20,4	43,8	24,5	24,1	3,0	0,0	15,2	49,7	20,8	1,5	34,1	281,0
1940	54,1	4,2	8,3	19,5	38,0	52,0	0,0	0,0	25,0	73,0	82,0	78,0	434,1
1941	100,5	88,0	19,0	35,6	14,0	1,0	0,0	1,0	15,8	27,8	38,0	20,2	360,9
1945	71,7	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	20,4	34,6	41,6	80,3	270,2
1946	35,5	0,3	53,9	53,3	50,5	35,3	1,2	13,0	0,0	130,0	138,0	56,0	567,0
1947	24,5	60,0	15,0	35,0	18,3	0,0	0,0	35,0	45,0	126,0	68,0	54,5	481,3
1948	64,0	35,0	0,0	38,0	5,0	13,0	0,0	0,0	86,0	123,0	9,0	29,0	402,0
1949	57,0	61,0	46,0	16,0	112,0	62,0	0,0	0,0	3,0	78,0	160,0	74,0	669,0
1950	12,0	27,0	43,0	79,0	7,0	8,0	0,0	0,0	47,0	75,0	46,0	135,0	479,0

1951	91,0	99,0	86,0	33,0	70,0	2,0	6,0	8,0	44,0	96,0	31,0	16,0	582,0
1952	38,0	36,0	5,0	17,0	29,0	0,0	18,0	17,0	88,0	86,0	18,0	90,0	442,0
1953	45,0	115,0	19,0	26,0	32,0	123,0	0,0	15,0	12,0	104,6	3,6	6,3	501,5
1954	32,2	47,4	30,4	24,0	22,0	57,0	13,0	8,0	0,0	0,0	31,0	30,0	295,0
1955	83,6	64,0	53,8	11,9	0,2	10,2	0,0	0,2	45,4	29,1	49,2	55,4	403,0
1956	44,3	54,5	42,3	65,5	17,3	6,0	0,0	0,0	13,1	44,5	92,7	51,4	431,6
1957	45,3	10,6	14,7	49,1	32,0	49,2	0,0	0,2	0,0	59,6	62,1	114,2	437,0
1958	38,6	10,9	63,1	61,4	14,4	2,3	2,3	0,0	8,4	91,7	121,4	67,1	481,6
1959	41,6	21,9	89,8	26,8	68,9	66,2	0,0	45,0	50,4	114,5	97,1	56,2	678,4
1960	107,3	33,9	77,6	44,3	9,4	0,4	0,6	1,2	19,7	89,5	79,8	172,6	636,3
1961	93,9	0,7	0,0	28,8	5,4	4,7	0,0	0,0	15,8	59,0	171,4	63,2	442,9
1962	11,6	64,8	83,3	21,1	26,8	7,9	0,9	0,5	71,0	51,6	293,4	48,1	681,0
1963	60,8	105,6	26,7	42,9	11,4	20,3	1,1	13,9	48,6	23,1	79,7	89,2	523,3
1964	0,5	35,8	58,7	26,3	0,8	8,6	0,0	9,0	0,0	230,6	36,2	127,0	533,5
1965	48,1	50,7	78,7	0,0	3,7	2,3	3,0	6,3	86,8	42,3	71,0	14,4	407,3
1966	41,5	57,0	25,1	17,7	32,8	2,0	6,6	10,4	13,2	171,1	105,9	82,6	565,9
1967	50,7	22,7	35,8	13,1	14,5	9,3	0,0	0,0	53,3	21,4	84,7	91,5	397,0
1968	39,2	44,6	29,1	30,9	12,8	4,8	12,5	5,3	13,5	7,6	129,2	82,0	411,5
1969	40,8	94,5	63,0	32,7	36,3	7,2	0,0	14,2	156,3	23,0	71,2	129,0	668,2
1970	88,9	36,7	48,6	5,7	13,3	5,5	0,0	6,9	0,0	4,3	30,9	91,6	332,4
1971	75,7	36,9	56,4	13,2	46,4	2,0	2,3	5,5	7,6	10,5	123,0	38,8	418,3
1972	84,1	131,3	83,0	49,9	53,9	14,3	0,4	0,0	51,3	61,6	5,4	50,1	585,3
1973	72,3	53,0	47,0	29,8	12,0	15,7	0,0	13,9	112,5	26,8	21,3	64,4	468,7
1974	45,9	81,1	46,7	98,1	21,2	1,0	5,0	0,5	57,7	43,7	43,5	10,6	455,0
1975	23,7	49,7	101,1	28,4	25,5	12,0	0,0	63,8	11,1	48,0	128,5	28,5	520,3
1976	23,4	79,4	77,8	44,4	35,8	60,9	34,6	32,7	68,9	156,8	137,1	61,8	813,6
1977	81,6	18,1	38,5	38,6	26,2	11,7	23,6	50,9	31,7	56,3	105,0	102,4	584,6
1978	113,3	50,7	24,4	81,3	41,5	10,8	8,5	2,1	46,9	115,0	42,5	79,2	616,2
1979	64,8	57,3	41,2	46,2	0,0	0,8	0,0	4,5	50,1	82,7	37,4	54,1	439,1
1980	59,8	8,4	44,6	23,6	122,8	12,3	0,0	41,6	0,5	125,0	160,7	44,5	643,8
1981	14,4	39,4	50,6	42,0	28,6	3,4	26,4	0,0	27,4	151,8	7,2	75,0	466,2
1982	43,8	40,4	22,4	39,4	22,6	3,6	0,0	0,6	16,8	188,0	77,0	85,8	540,4
1983	2,0	72,8	43,4	14,6	4,8	5,6	0,0	47,0	21,8	14,8	114,0	91,0	431,8
1984	17,6	85,0	86,2	30,6	112,6	25,2	0,0	18,2	93,2	70,4	92,8	54,2	686,0
1985	72,4	14,0	119,8	7,0	63,6	3,2	0,0	0,0	13,4	44,8	101,2	17,2	456,6
1986	77,6	113,2	43,0	49,6	10,0	8,8	1,4	0,0	16,2	49,2	28,8	27,8	425,6
1987	52,6	39,8	29,0	21,8	26,0	6,6	0,8	0,0	10,2	69,4	186,6	95,8	538,6
1988	46,8	26,6	41,4	44,0	32,0	5,4	0,8	2,2	9,2	74,2	26,6	32,2	341,4

1989	13,0	69,8	19,4	77,0	4,6	0,2	8,0	0,4	65,2	16,2	83,2	64,0	421,0
1990	39,0	6,0	33,6	64,0	8,4	23,0	0,0	5,0	13,8	149,4	118,6	69,4	530,2
1991	12,2	27,4	48,0	84,8	73,4	1,8	3,0	0,0	69,4	144,6	105,2	5,0	574,8
N.Oss	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Medi	49.9	49.2	47.5	36.1	30.2	13.6	3.9	11.1	37.0	74.7	84.2	74.1	511.6
Dev.S	28.0	32.2	28.5	21.3	27.0	21.5	8.0	17.7	32.5	53.2	57.4	43.3	113.1

Nel grafico seguente sono riportate le altezze di precipitazione medie mensili riferite sempre alla stazione pluviometrica di Porto Torres; si può notare come circa il 75% delle precipitazioni siano concentrate nei sei mesi invernali (ottobre – marzo), il 5% nel trimestre estivo (giugno – agosto) e il restante 20% nei rimanenti mesi (aprile, maggio e settembre); inoltre si registra il minimo afflusso meteorico nel mese di luglio ed il massimo nel mese di novembre.

L'andamento descritto è caratteristico del regime pluviometrico della Sardegna che risente principalmente degli effetti prodotti dagli spostamenti dell'*anticiclone delle Azzorre* e nella stagione invernale da quello *Euro-Siberiano* dalla sua posizione geografica e dalle condizioni di insularità.

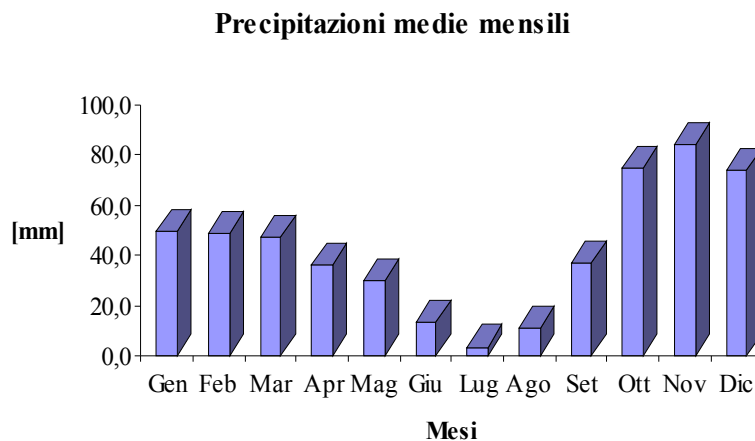


fig. 5: precipitazioni medie mensili.

9.1.1. - Precipitazioni eccezionali

Gli studi condotti sugli eventi meteorici intensi sul territorio sardo, hanno portato a diverse elaborazioni fondate sia su metodi empirici che, in tempi più recenti, su metodi probabilistici.

Lo studio di Piga – Liguori, basato sulle elaborazioni statistiche dei dati relativi alla misurazione delle precipitazioni di grande intensità e di durata inferiore alle 24 ore, ha permesso di inserire le

stazioni pluviometriche sarde in quattro gruppi omogenei ,caratterizzati da diverse curve di possibilità pluviometrica.

L'altezza di precipitazione per un assegnato tempo di ritorno e per una certa durata dell'evento meteorico può essere ricavato attraverso le curve di possibilità pluviometrica del tipo:

$$h = h_1 \cdot t_p^{(a+b \cdot u)}$$

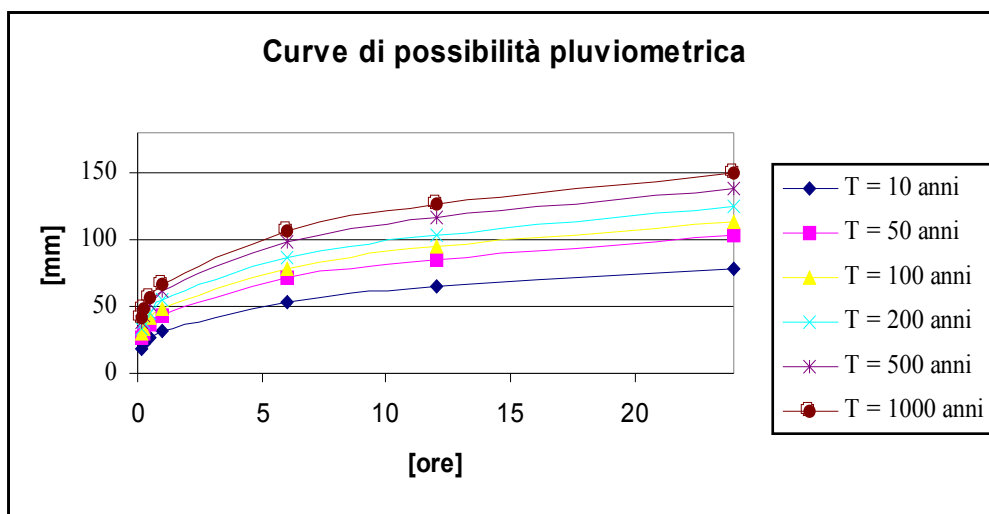


fig. 6: curva di possibilità pluviometrica.

Tabella 6

Tempo di ritorno	Durata 1 ora	Durata 6 ore	Durata 12 ore	Durata 24 ore
10 Anni	32 mm	53 mm	64 mm	78 mm
50 Anni	44 mm	71 mm	86 mm	103 mm
100 Anni	49 mm	79 mm	95 mm	114 mm
200 Anni	54 mm	87 mm	104 mm	125 mm
500 Anni	62 mm	98 mm	117 mm	139 mm
1000 Anni	67 mm	106 mm	126 mm	150 mm

Di seguito si forniscono i dati per il calcolo dell'altezza di pioggia relativa al tempo di corrivazione che si determina facendo riferimento alle curva di possibilità pluviometrica della stazione di appartenenza ed al gruppo di omogeneità.

Per la stazione di Porto Torres-Stintino, appartenente al 1° gruppo di omogeneità, per un tempo di ritorno di 200 anni;

$$h1 = 54,369$$

$$n = 0,30883 \quad u = 2,676$$

$$a = 1,28174 \quad b = 0,17609 \quad a1 = 0,31354 \quad b1 = -0,00183$$

con:

$h1$ = altezza di pioggia unitaria;

n = esponente della curva di possibilità pluviometrica;

$a, b, a1, b1$ = parametri statistici

Per un tempo di ritorno cautelativo di 500 anni:

$$h1 = 61,451$$

$$n = 0,30827 \quad u = 2,878$$

9.2. - Temperature

Per definire l'andamento termometrico della zona in studio si sono utilizzati i valori registrati nella stazione di Sassari, riportati nella tabella che segue.

Tabella 7

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1924	7.3	7.6	10.5	14.1	19.8	21.3	24.6	21.7	22.1	17.0	14.9	10.4	16.0
1925	8.3	8.5	6.9	13.0	16.7	21.9	23.0	23.7	19.2	17.0	12.1	8.8	15.0
1926	8.5	11.7	11.9	13.9	15.6	19.1	21.9	23.3	23.3	20.1	15.6	9.2	16.2
1927	8.5	8.7	11.3	14.1	18.5	21.9	24.0	24.5	21.5	16.8	14.5	10.4	16.3
1928	9.4	9.8	10.9	14.2	15.3	22.5	24.4	26.6	22.1	17.6	12.6	8.4	16.2
1929	5.8	6.0	10.7	13.2	17.1	22.6	24.9	23.6	23.1	17.1	12.7	10.1	15.6
1930	10.3	8.3	11.8	13.4	16.2	23.0	23.8	23.8	22.0	17.2	14.6	10.5	16.3
1931	9.2	6.8	12.1	12.6	18.5	24.9	24.4	24.7	18.4	17.5	13.7	7.9	15.9
1932	9.1	6.8	11.6	12.0	17.1	18.7	21.0	25.3	23.1	16.3	13.5	12.0	15.6
1933	7.0	6.9	12.2	18.6	19.2	20.6	27.5	28.3	23.0	18.3	12.2	9.7	17.0
1934	8.4	9.6	11.1	14.7	18.5	21.8	24.9	23.5	21.4	17.4	13.0	12.1	16.4
1935	6.8	9.7	10.9	13.9	15.8	23.0	25.3	24.6	23.5	18.5	15.0	10.3	16.5
1936	10.7	10.5	11.9	13.0	15.8	19.5	23.0	23.0	22.0	14.5	12.7	9.5	15.5
1937	10.1	10.8	11.0	12.7	17.9	22.6	24.1	23.7	21.2	18.1	14.1	8.8	16.3
1938	8.5	7.9	11.7	12.3	15.2	22.3	23.7	23.9	20.9	17.6	14.9	9.8	15.8
1950	9.9	10.7	12.0	12.0	19.0	23.8	26.5	26.4	22.0	19.0	13.9	9.0	17.1
1951	10.2	10.1	11.3	13.6	16.6	21.6	23.8	24.8	22.2	17.8	14.8	10.3	16.5

1952	8.0	8.2	12.5	15.4	18.2	24.5	26.1	25.7	20.9	17.6	12.4	10.1	16.7
1953	7.0	7.9	9.6	14.2	17.7	19.1	24.0	23.7	22.5	18.6	18.2	13.7	16.4
1954	6.6	8.2	12.6	14.1	16.3	23.6	21.9	22.5	22.8	17.6	13.5	11.7	16.0
1955	11.0	10.8	11.0	14.1	18.3	21.5	24.8	24.3	20.7	17.2	12.8	12.4	16.6
1956	11.0	4.1	10.3	12.6	17.3	19.2	23.2	25.7	23.5	16.5	11.6	10.2	15.5
1957	8.9	11.3	12.8	14.0	15.3	21.1	23.4	24.1	21.5	18.4	14.3	10.1	16.3
1958	9.3	10.8	10.3	11.7	19.4	21.2	23.2	25.3	23.7	18.7	13.8	11.7	16.6
1959	9.0	11.8	13.6	14.6	17.1	21.7	24.8	24.0	23.3	17.5	12.3	10.9	16.7
1960	9.9	10.9	12.1	13.3	19.1	22.5	23.4	24.4	21.1	17.6	14.1	10.2	16.6
1961	9.2	11.7	12.7	16.0	17.8	21.7	26.0	25.0	23.9	18.9	14.3	11.4	17.4
1962	11.7	9.6	9.1	14.8	17.1	20.2	23.6	25.1	22.5	19.0	11.6	8.9	16.1
1963	6.9	7.4	10.5	16.9	16.5	20.9	25.6	23.7	21.4	17.3	16.5	10.8	16.2
1964	10.1	10.4	12.0	14.1	19.2	22.9	25.1	24.4	22.6	16.4	14.3	10.0	16.8
1965	9.3	7.3	11.3	12.6	17.3	22.4	24.8	23.7	20.4	19.8	14.1	11.8	16.3
1966	9.5	12.5	10.5	14.6	17.9	22.4	22.1	23.5	21.8	18.5	11.4	10.0	16.2
1967	9.2	10.6	12.7	14.2	18.9	21.2	27.1	26.2	21.0	19.7	15.1	10.0	17.2
1968	8.5	11.4	12.4	16.6	18.7	21.9	24.9	22.8	20.9	18.4	13.4	10.2	16.7
1969	9.5	8.8	11.5	14.5	18.8	19.5	24.0	24.1	21.1	18.4	13.5	8.5	16.1
1970	10.3	8.9	10.0	13.5	17.0	23.1	24.1	24.6	23.0	17.3	13.5	10.5	16.4
1971	9.0	9.2	8.5	15.4	18.9	20.9	25.8	27.6	21.8	17.6	11.7	10.7	16.5
1972	9.4	10.7	13.2	13.1	16.6	21.7	23.6	22.8	19.7	16.7	13.9	11.4	16.1
1973	10.0	9.0	10.3	12.6	19.7	23.9	25.3	25.7	22.3	17.2	12.3	9.6	16.5
1974	11.2	10.5	12.9	13.5	17.9	21.4	23.4	24.4	21.1	12.8	12.0	10.1	16.0
1975	10.3	9.7	10.2	14.2	17.6	20.7	25.0	24.2	21.9	15.2	11.5	10.1	15.9
1976	8.8	9.4	10.7	12.4	16.9	21.6	22.9	22.6	19.4	16.0	10.4	9.5	15.1
1977	9.5	10.7	12.6	13.5	17.1	20.0	23.1	21.8	19.2	17.9	12.3	9.8	15.7
1978	7.3	9.1	10.7	11.3	15.6	20.3	22.8	23.0	19.6	15.0	11.3	10.4	14.7
1979	8.2	8.9	11.0	11.4	17.7	22.3	23.8	22.9	19.4	17.3	10.5	9.4	15.3
1980	8.0	9.7	10.3	11.3	14.4	19.4	21.2	23.4	21.0	15.1	11.8	6.4	14.3
N.Oss.	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
Media	9.0	9.3	11.3	13.7	17.5	21.6	24.1	24.3	21.6	17.4	13.3	10.2	16.1
Dev.St.	1.3	1.7	1.3	1.5	1.3	1.5	1.4	1.4	1.3	1.4	1.6	1.3	0.6

Come evidenziato nel grafico, i mesi più caldi sono luglio ed agosto, sia considerando i valori massimi, sia i medi, sia i minimi, mentre i mesi più rigidi sono gennaio e febbraio.

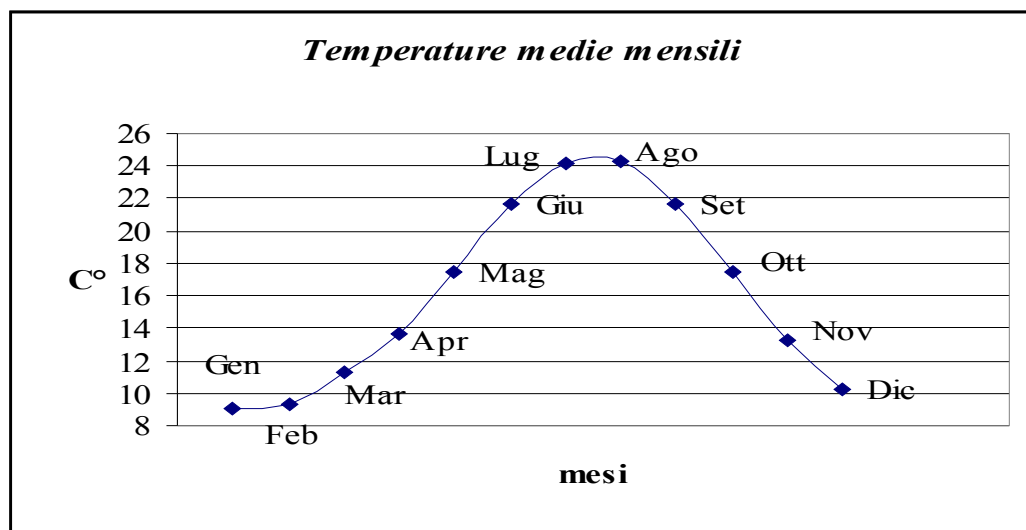


fig. 7: temperature medie mensili.

L'andamento della temperatura durante il corso dell'anno rispetta le condizioni della *zona climatica temperata europea e sub-tropicale africana*, producendo un clima tipicamente *mediterraneo insulare*, caratterizzato da temperature maggiori o uguali a 17°C e precipitazioni annue comprese tra i 500 e i 700 mm. Analizzando i dati relativi alla deviazione standard, si nota come questa sia caratterizzata da bassi valori, che mostrano una bassa variabilità delle temperature medie mensili nei diversi anni di osservazione.

9.3. - Venti

Nella figura e nella tabella seguente (Camarda, Falchi, Nudda "L'ambiente naturale in Sardegna", Delfino Editore, 1998, Sassari), sono riportati i dati relativi alle condizioni anemologiche rilevati presso la stazione di *Alghero*.

Si può notare che durante tutto l'arco dell'anno, la frequenza prevalente di provenienza dei venti è da N e W quindi dal IV quadrante. Nella zona in esame vi è un accentuazione della predominanza dei venti da N e da NW per la mancanza di protezione da parte di rilievi, che smorzerebbero queste componenti.

Tabella 8

Stazione	Mese	Quadranti				Direzione di provenienza				
		I	II	III	IV	N	E	S	W	
Alghero	Gennaio	22	11	22	26	19	22	17	14	28
Alghero	Luglio	19	5	20	36	20	29	9	11	31

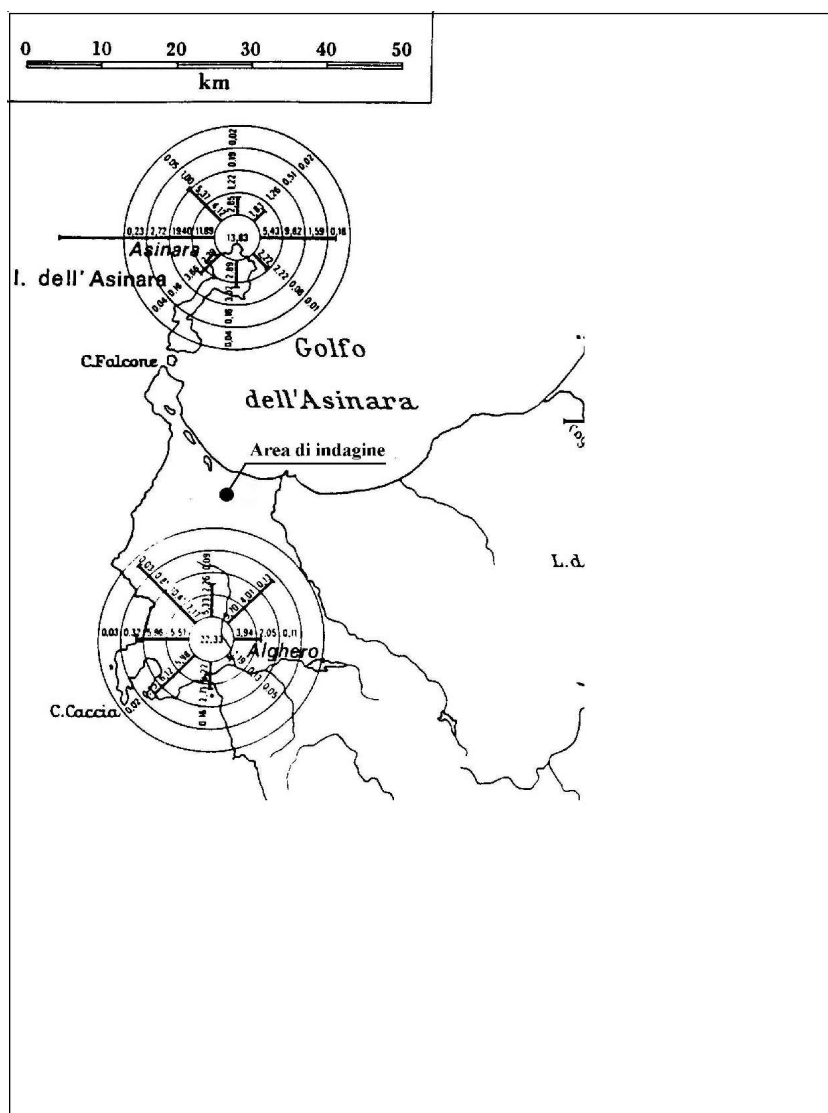


fig. 8: vento al suolo.

9.4. - Umidità relativa

La zona in esame è compresa nella fascia costiera profonda 15–20 Km in cui, in Sardegna, si raggiungono i valori più elevati di umidità, per l'influenza predominante delle brezze di mare.

Nella tabella seguente sono riassunti i valori medi stagionali ricavati dalle osservazioni registrate nelle stazioni di misura:

Tabella 9

Autunno	Inverno	Primavera	Estate	<i>Media annua</i>
71,00%	70,00%	69,00%	66,00%	69,00%

9.5. - Radiazione solare

I dati relativi alla radiazione solare globale sono ricavati dalla distribuzione delle isolinee di radiazione solare disegnate nelle carte della pagina seguente.

Esse sono state costruite mediante l'elaborazione dei dati di 3 stazioni principali (Alghero, Olbia e Cagliari) e di altre 18 stazioni distribuite su tutto il territorio sardo.

I valori rappresentano le medie mensili della radiazione solare globale sull'unità di superficie orizzontale.

- **50 – 90 Wm^2** nei mesi invernali da dicembre a febbraio
- **130 – 210 Wm^2** nei mesi primaverili da marzo a maggio
- **250 – 290 Wm^2** nei mesi estivi da giugno ad agosto
- **190 – 70 Wm^2** nei mesi autunnali da settembre a novembre

10 – CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA GLI AMMASSI ROCCIOSI

La caratterizzazione geomeccanica eseguita con il metodo di Bieniawski effettuata in parete nell'area di cava di Monte Rosè, permette di poter caratterizzare l'ammasso roccioso che verrà interessato nello scavo della fondazione per gli aerogeneratori e definire la stabilità dello scavo a sezione obbligata, per una altezza del fronte di circa 3 m dal p.c. Lo stesso metodo verrà utilizzato per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso all'interno del volume significativo, nelle verifiche di stabilità nelle condizioni ex ante ed ex post (a seguito del posizionamento dell'aerogeneratore).

10.1. Descrizione geologica del sito

Come si evince dalla carta geologica allegata, l'intervento ricade totalmente nell'area di affioramento delle formazioni quasi esclusivamente carbonatiche del Giurassico caratterizzato da livelli di calcare più o meno dolomitico, marne e più rari livelli argillosi, con diversi gradi di compattezza e fratturazione. L'immersione generale degli strati è verso S con oscillazioni intorno a SW e SE e inclinazioni comprese tra 15 e 40°.

L'ubicazione degli aerogeneratori è previsto sui versanti con pendenza non superiore al 15% .

Una migliore esposizione dell'ammasso roccioso è osservabile comunque nei gradoni delle cave di Monte Alvaro e Montè Rosè e in una piccola cava abbandonata situata poco più a Nord. In corrispondenza di questi fronti di scavo sono stati effettuati i rilievi strutturali (fig.4), mentre per la valutazione del grado di fratturazione, indispensabile per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso, sono stati utilizzati anche i dati dei sondaggi.

Sui fronti di cava, per l'utilizzo di esplosivi, la roccia si presenta notevolmente decompressa con fratture beanti riscontrate in sondaggio solo per i primi metri di profondità.

10.2. Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso

Per la caratterizzazione dell'ammasso, dove è previsto un intervento edilizio, è stata utilizzata la classificazione RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawski (1989) che prevede di assegnare un punteggio all'ammasso roccioso sulla base di 5 parametri.

R1 – resistenza a compressione uniassiale della roccia;

R2 – RQD (Rock Quality Designation);

R3 – spaziatura delle discontinuità;

R4 – condizioni delle discontinuità;

R5 – condizioni idrauliche.

I parametri sono raggruppati in cinque intervalli di valori la cui somma permette di suddividere gli ammassi rocciosi in cinque classi di qualità e di definirne il rispettivo indice di classificazione RMR:

$$RMR = R1+R2+R3+R4+R5$$

L'indice RMR viene utilizzato per ricavare i parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso (coesione, angolo di attrito e modulo di deformabilità).

L'ammasso roccioso in esame presenta caratteristiche litologiche e strutturali abbastanza omogenee sull'intera area d'intervento per cui è possibile classificarlo con un unico indice. Si

utilizzeranno i valori medi dei dati ottenuti dai fori di sondaggio S1, S2 ed S4 per una profondità non superiore a 3 m dal p.c. (profondità d'incastro della fondazione dello aerogeneratore). I valori attribuiti a ciascun parametro dell'ammasso sono elencati di seguito.

R1, resistenza a compressione monoassiale σ . Il valore della resistenza è stato determinato attraverso prove di laboratorio. I risultati di questo test permettono di effettuare una correlazione con la resistenza a compressione della roccia. La resistenza è abbastanza elevata.

($\sigma \sim 60$ Mpa)

R2, R.Q.D. (%). È un indice che si ottiene sulla base del recupero percentuale dei carotaggi ma che può essere calcolato anche attraverso abachi sulla base della frequenza di fratturazione. Considerando, come rilevato, una media di circa 6-8 fratture per metro si ha:

(R.Q.D $\sim 20\%$)

R3, spaziatura delle discontinuità. La spaziatura delle fratture è mediamente di 40 cm cm.

R4, condizioni delle discontinuità. I giunti sono persistenti con una lunghezza della discontinuità tra 3-10 m, con apertura della discontinuità tra 0,1 ed 1 mm con superficie leggermente rugosa, talvolta si riscontra in sondaggio un riempimento argilloso.

R5, condizioni idrauliche. Al momento del rilievo asciutto, non si è rilevata circolazione idrica, possibile comunque in seguito ad abbondanti precipitazioni.

Di conseguenza l'indice generale che quantifica la qualità dell'ammasso roccioso sarà:

$$\mathbf{RMR = R1+R2+R3+R4+R5 = 53.6}$$

Questo valore classifica l'ammasso come discreto (classe III)



Fig 9. - Fronte oggetto della stazione strutturale n. 1.

I parametri di resistenza e deformabilità attribuibili sono:

coesione $C = 268 \text{ KPa}$

angolo d'attrito $\rho = 32^\circ$

modulo di deformabilità $E_d = 7 \text{ GPa}$

È da ricordare comunque che le classi di qualità ottenute dalle classificazioni geomeccaniche consentono una stima solo approssimativa dei parametri di resistenza dell'ammasso.

10.3 – Stabilità delle pareti

Per valutare la stabilità dell'ammasso in relazione al possibile distacco di blocchi di roccia, è stata effettuata un'analisi delle condizioni di potenziale instabilità sulla base delle giaciture delle discontinuità rilevate nelle tre stazioni e dell'angolo di attrito determinato con l'analisi di Bieniawski sull'insieme dell'ammasso roccioso, pari a 32° . Per l'analisi della possibilità di distacchi di masse rocciose per scivolamento planare (strati a franapoggio) si è utilizzato un angolo di attrito inferiore (15°) che contempla la presenza dei livelli argillosi che separano gli strati carbonatici.

Nelle proiezioni stereografiche l'angolo di attrito e di inclinazione del fronte sono rappresentati da circonferenze con il centro coincidente e grandezza proporzionale all'angolo di attrito e all'inclinazione del fronte.

L'analisi cinematica è stata realizzata verificando graficamente determinate condizioni geometriche con l'utilizzo di proiezioni stereografiche (reticolo equiareale di Schmidt), che sono comunemente utilizzate per la rappresentazione su un piano dell'orientazione di qualsiasi retta o piano nello spazio.

Le assunzioni comuni che sono alla base dei metodi grafici sono:

- l'ammasso roccioso è costituito da discontinuità piane, infinitamente persistenti;
- la resistenza al taglio lungo i piani di discontinuità è puramente attritiva;
- il sistema di blocchi è soggetta alla sola forza peso.

Per le verifiche si è scelto di utilizzare, a seconda dei casi, diversi valori di angolo d'attrito considerando sia il valore di angolo di attrito medio dell'ammasso determinato tramite la classificazione di Bieniawski (32°), sia l'angolo di attrito dei giunti di strato che risulta sensibilmente più basso per la saltuaria presenza di livelli argilloso-marnosi che separano gli strati calcarei, come si può ben osservare sia nelle stazioni strutturali 2 e 3 sia nei sondaggi n **S2, S3 ed S4** (indagine anno 2011).

Per le analisi delle discontinuità, tra tutte le misure rilevate in Tab. 10, dove nelle ultime due righe sono riportati i valori rispettivamente le giaciture del fronte di scavo e della stratificazione, si è scelto di utilizzare i valori medi di giacitura delle singole famiglie, considerando tuttavia nelle valutazioni di stabilità, una certa variabilità che può portare a locali situazioni di instabilità più pronunciate.

Tabella 10

Stazione strutturale 1 (Monte Rosè)		Stazione strutturale 2 (Monte Rosè 2)		Stazione strutturale 3 (Cava abbandonata)	
inclinazione	immersione	inclinazione	immersione	inclinazione	immersione
72	90	74	60	71	85
60	102	66	85	68	48
75	89	64	59	55	98
76	105	70	78	68	50
75	80	71	80	65	49
70	89	80	85	70	55
69	75	73	84	67	62
60	70	59	70	58	61
71	290	65	330	51	86
79	272	85	350	67	100
85	300	80	330	59	90
85	360	72	359	79	60
60	330	71	2	74	47

75	320	82	358	80	358
70	340	57	9	69	358
80	318	89	345	81	250
60	25	72	330	85	150
86	328	70	35	75	110
70	325	15	210	26	220
20	190				

Tab 10 – giaciture dei piani di discontinuità rilevati nei tre fronti di cava esaminati.

I cinematismi che sono stati presi in considerazione nell'analisi di stabilità sono i seguenti:
scorrimento planare; scorrimento di cunei; ribaltamento flessurale e diretto.

Per ogni meccanismo sono state esaminate le condizioni cinematiche che, espresse come relazioni fra valori angolari, possono essere diagrammate in proiezione stereografica.

1) *Scorrimento planare*

Le condizioni cinematiche per lo scorrimento planare lungo la direzione di massima pendenza di un singolo piano di discontinuità sono:

- il piano immerge nello stesso senso del versante con direzione di immersione entro $\pm 20^\circ$ dalla direzione di immersione del versante stesso;
- l'inclinazione apparente del versante nella direzione di immersione del piano di scorrimento è maggiore dell'inclinazione del piano di scorrimento (franapoggio meno inclinato del pendio);
- l'inclinazione del piano di scorrimento è maggiore dell'angolo di attrito.

In proiezione stereografica la zona critica per la stabilità è delimitata dalla ciclografica del versante, dal cerchio d'attrito e dalle linee che impongono la condizione $\pm 20^\circ$ per l'immersione delle discontinuità. L'area critica dello scivolamento planare è posizionata nella proiezione stereografica nel settore opposto alla direzione di immersione del pendio.

2) *Scorrimento di cunei*

Nella determinazione delle condizioni cinematiche per lo scorrimento di cunei formati dall'intersezione fra due piani di discontinuità si assume generalmente che il cuneo si muova lungo la linea di intersezione. In tal caso le condizioni cinematiche sono le seguenti:

- la linea di intersezione immerge nello stesso senso del versante;
- l'inclinazione apparente del versante nella direzione di immersione della linea di intersezione è maggiore dell'inclinazione della linea di intersezione, che deve affiorare sul versante;

l'inclinazione della linea di intersezione è maggiore dell'angolo di attrito medio sui due piani.

l'area critica è posizionata nella proiezione stereografica nello stesso settore della direzione di immersione del pendio.

3) Ribaltamento diretto

Il ribaltamento diretto consiste nella rotazione di blocchi intorno ad un punto fisso sulla base. Questo tipo di cinematismo è legato a parametri connessi alle dimensioni del blocco, non rappresentabili in proiezione stereografica, ma è comunque possibile ricavare delle relazioni angolari che favoriscono l'innesco di ribaltamenti. Per definire un blocco sono necessari tre piani oltre a quello del versante; le condizioni fondamentali sono:

- la linea di intersezione dei due piani laterali immerge entro il versante (reggipoggio) mentre il piano basale immerge nel senso del versante con direzione di immersione entro $\pm 20^\circ$ dalla direzione del versante;
- il piano di scorrimento deve affiorare sul pendio (franapoggio meno inclinato del pendio);
- l'inclinazione del piano basale è minore dell'angolo di attrito (per prevenire lo scivolamento);
- l'inclinazione dell'intersezione è maggiore di 90° meno l'angolo di attrito; su pendii molto acclivi il ribaltamento può avvenire per intersezioni con direzione obliqua rispetto a quella del versante.

Nelle Fig. 10 - 12 sono riportate i diagrammi stereografici con le verifiche di stabilità in relazione all'orientazione dei tre fronti considerati, indicati nell'allegata carta geologica. Poiché per l'analisi del ribaltamento occorre considerare più elementi, per semplicità di rappresentazione grafica sulle proiezioni stereografiche non viene indicata l'area critica per questo cinematismo.

Ciò che emerge in maniera evidente riguarda una potenziale instabilità per scorrimento di cunei in corrispondenza delle stazioni 2 e 3 mentre nella stazione 1 non si raggiungono appieno le condizioni limite tra lo scivolamento planare, lo scivolamento dei cunei ed il ribaltamento, anche visto le condizioni limite la variabilità delle fratture presenti può indurre instabilità per tutti tipi di movimento. In particolare il ribaltamento è possibile per la presenza di fratture di giacitura simile a quella del fronte.

Nello stereogramma di Fig. 11, riferito al fronte di cava di Monte Rosè orientato WNW, è stato inserito inoltre un fronte di scavo virtuale con immersione opposta a quello realmente presente per simulare i fronti di scavo con i piani di strato immergenti a franapoggio, i quali saranno comunque presenti negli scavi realizzati per i plinti di fondazione degli aerogeneratori.

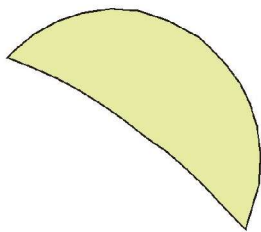
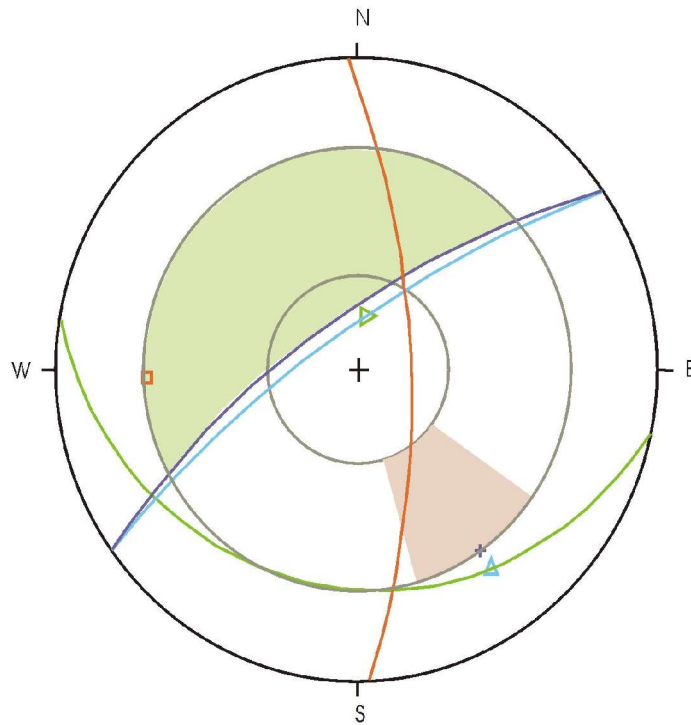
Per lo scivolamento planare è stato inoltre considerato un angolo di attrito inferiore a quello dell'ammasso (32°) per contemplare la presenza di livelli argillosi interstrato come costantemente riscontrato su diversi livelli esposti nei fronti di cava e visibili nei sondaggi **S2**, **S3** e **S4**. A tali giunti è stato assegnato un angolo di attrito di 15° prossimo al valore di inclinazione medio degli strati che si vengono a trovare quindi in condizioni di possibile scivolamento.

Nello stereonet di Fig. 12 con fronte orientato N110/75 è evidente infine l'instabilità dei cunei per l'intersezione di più sistemi di ciclografiche all'interno dell'area critica.

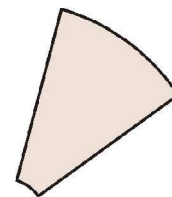
CAVA MONTE ROSE`

RILIEVO STRUTTURALE STAZ. 1

- FAMIGLIA FRATTURA ORIENTAZIONE MEDIA 78/70
- △ FAMIGLIA FRATTURA ORIENTAZIONE MEDIA 325/75
- ▷ GIUNTO DI STRATO 190/20
- + FRONTE DI SCAVO 325/70



AREA SOGGETTA A SCIVOLAMENTO DI CUNEI



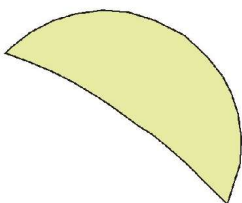
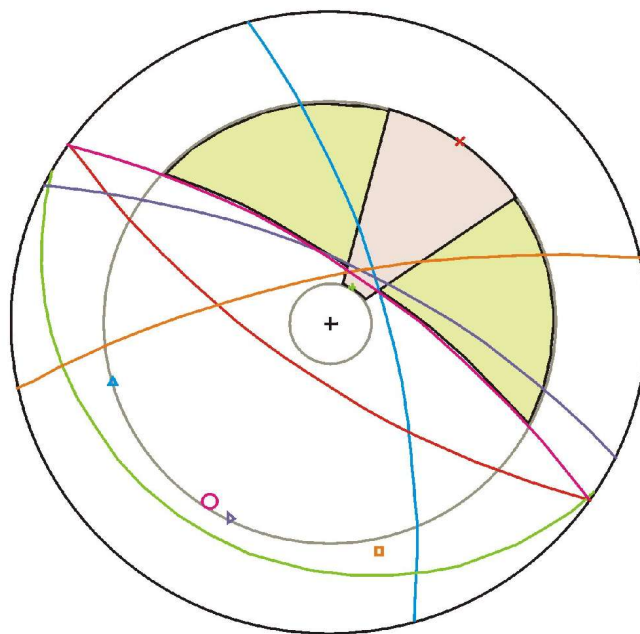
AREA SOGGETTA A SCIVOLAMENTO PLANARE

Fig.10 – Diagramma stereografico relativo alle verifiche di stabilità della Stazione strutturale 1

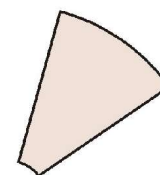
CAVA MONTE ROSE`

RILIEVO STRUTTURALE STAZ. 2

- ▣ FAMIGLIA FRATTURE GIACITURA MEDIA 348/73
- ▲ FAMIGLIA FRATTURE GIACITURA MEDIA 75/70
- ▶ FAMIGLIA FRATTURE GIACITURA MEDIA 26/68
- ✚ STRATIFICAZIONE 210/15
- ⊖ FRONTE SCAVO 35/70
- ✕ FRONTE SCAVO VIRTUALE 225/70



AREA SOGGETTA A SCIVOLAMENTO DI CUNEI



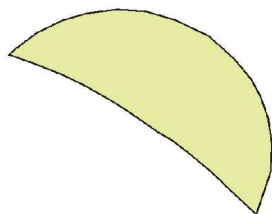
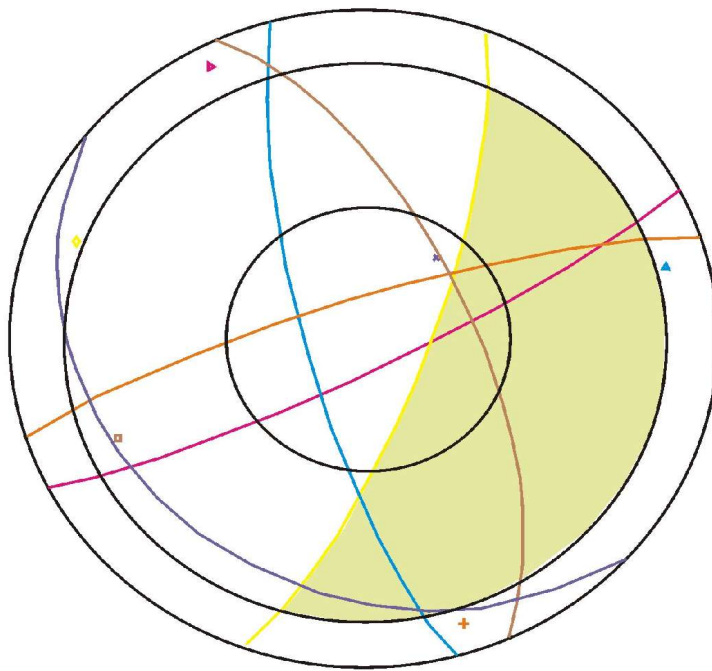
AREA SOGGETTA A SCIVOLAMENTO PLANARE

Fig. 11 – Diagramma stereografico relativo alle verifiche di stabilità della Stazione strutturale 2

CAVA ABBANDONATA

RILIEVO STRUTTURALE STAZ. 3

- FAMIGLIA FRATTURE GIACITURA MEDIA 66/65
- ▲ FAMIGLIA FRATTURE GIACITURA MEDIA 255/77
- ▶ FAMIGLIA FRATTURE GIACITURA MEDIA 153/82
- * STRATIFICAZIONE 220/26
- ◇ FRONTE SCAVO 110/75



AREA SOGGETTA A SCIVOLAMENTO DI CUNEI

Fig.12 – Diagramma stereografico relativo alle verifiche di stabilità della Stazione strutturale 3

Dall'analisi degli stereogrammi si evince come sarà necessario prevedere le dovute precauzioni nella fase di scavo a sezione obbligata delle fondazioni degli aerogeneratori (profondità d'incastro prevista 3 m); l'analisi strutturale ha infatti evidenziato che se in parete dello scavo (a monte o a valle in funzione della orientazione del versante) ci si troverà nelle condizioni di discontinuità orientate a reggipoggio (p.e. lato di monte per gli aerogeneratori T03, T04), il lato opposto le discontinuità risulteranno necessariamente a franapoggio con possibilità di scivolamento planare, mentre è sempre presente il potenziale scivolamento dei cunei (anche se di dimensioni alquanto limitate per la spaziatura abbastanza ravvicinata delle fratture) per l'intersezione di diverse famiglie di fratture.

Gli approfondimenti strutturali eseguiti, non hanno fornito ulteriori informazioni sulla "anomalia" riscontrata sul foro di sondaggio **S3** eseguito nella campagna d'indagini anno 2009. La presenza di una breccia lungo il foro di sondaggio con elementi calcarei a spigoli vivi del mesozoico, lascia ipotizzare la presenza di una superficie di faglia con probabile direzione SW-NE, ad indicare l'elevato disturbo tettonico dell'area per la vicinanza nel settore est della fossa sarda. Il dislocamento per faglia è da considerarsi nella litologia calcarea mesozoica.

11 – QUADRO DEI RISULTATI OTTENUTI IN LABORATORIO

Lo studio realizzato, ha comportato la raccolta di tutte le informazioni indispensabili alla caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo.

Di seguito, sono riportati i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio geotecnico:

Tabella 11

(prove di laboratorio geotecnico campagna d'indagini anno 2009)

<i>N.</i> <i>camp.</i>	<i>Prof.</i> <i>prelievo (m)</i>	φ (°)	<i>C</i> <i>(kg/cm²)</i>	<i>Il -Ip</i> <i>-Ip</i>	% <i>H2O</i>	<i>G</i> <i>(g/cm³)</i>	<i>Y_n</i> <i>(g/cm³)</i>	<i>Y_s</i> <i>(g/cm³)</i>	σ <i>(kg/cm²)</i>
S1C2	2,60 – 2,90	-	-	-	-	2,75	2,73	-	238,89
S1C3	5,00 – 5,30	-	-	-	-	2,73	2,73	-	102,29
S1C4	6,50 – 7,00	-	-	-	-	2,79	2,79	-	455,46
S1C5	7,00 – 7,70	-	-	-	-	2,75	2,73	-	361,08
S1C6	7,70 – 8,00	-	-	-	-	2,87	2,85	-	204,59
S1C9	10,10 – 10,40	-	-	-	-	2,71	2,46	-	104,73
S1C10	12,50 – 12,80	-	-	-	-	2,68	2,52	-	424,18

<i>N. camp.</i>	<i>Prof. prelievo (m)</i>	φ (°)	<i>C (kg/cm²)</i>	<i>Il -Ip -Ip</i>	<i>% H2O</i>	<i>G (g/cm³)</i>	<i>Y_n (g/cm³)</i>	<i>Y_s (g/cm³)</i>	σ (kg/cm ²)
S1C12	14,50 – 15,00	-	-	-	-	2,47	2,68	-	383,40
S2C8	3,50– 3,75	14,01	0,48	44-18- 26	16,89	2,71	1,59	1,36	-
S2C9	8,50 – 8,70	28,01	0,15	41-23- 18	5,16	2,72	1,48	1,40	-
S3C1	6,60 – 6,80	28,94	0,22	32-17-15	8,62	2,68	1,50	1,38	-
S3C2	8,40 – 8,70	32,37	0,07	37-24-13	4,87	2,71	1,43	1,37	-
S3C6	18,45 – 18,70	-	-	-	-	2,67	2,57	-	696,18
S3C7	18,70 – 19,00	-	-	-	-	2,64	2,5	-	464,59

Tabella 12
(prove di laboratorio geotecnico campagna d'indagini anno 2011)

<i>N. camp.</i>	<i>Prof. prelievo (m)</i>	φ (°)	<i>C (kg/cm²)</i>	<i>Il -Ip -Ip</i>	<i>% H2O</i>	<i>G (g/cm³)</i>	<i>Y_n (g/cm³)</i>	<i>Y_s (g/cm³)</i>	σ (kg/cm ²)
S1C1	5,00 – 5,30	-	-	-	-	-	2,79	-	964
S1C2	7,00 – 7,30	-	-	-	-	-	2,73	-	933
S1C3	7,70 – 7,90	-	-	-	-	-	2,7	-	925
S1C4	8,30 – 8,50	-	-	-	-	-	2,73	-	972
S1C5	13,60 – 13,80	-	-	-	-	-	2,78	-	1098
S1C7	14,70 – 15,00	-	-	-	-	-	2,79	-	1121
S1C9	18,40 – 19,00	-	-	-	-	-	2,82	-	1148
S2C2	3,10 – 3,50	-	-	-	-	-	2,71	-	637
S2C5	5,20 – 5,90	-	-	-	-	-	2,61	-	549
S2C7	7,10 – 7,50	-	-	-	-	-	2,68	-	1175
S2C8	8,08 – 8,40	-	-	-	-	-	2,53	-	710
S2C9	9,50 – 10,00	-	-	-	-	-	2,59	-	991
S2C12	12,10 – 12,50	-	-	-	-	-	2,64	-	795
S2C13	14,10 – 14,60	-	-	-	-	-	2,66	-	712
S3C1	3,00 – 3,30	23,65	0,38	48-25-23	11,72	2,67	-	1,64	-
S3C2	6,30 – 6,50	20,13	0,47	57-29-28	12,49	2,71	-	1,65	-
S3C3	7,70 – 8,00	25,2	0,3	45-31-14	8,47	2,61	-	1,63	-

<i>N. camp.</i>	<i>Prof. prelievo (m)</i>	φ (°)	<i>C (kg/cm²)</i>	<i>ll -lp -Ip</i>	<i>% H2O</i>	<i>G (g/cm³)</i>	<i>Y_n (g/cm³)</i>	<i>Y_s (g/cm³)</i>	σ (kg/cm ²)
S3C4	10,50 – 10,70	22,49	0,42	51-30-21	16,98	2,68	-	1,57	-
S3C5	14,20 – 14,50	-	-	-	-	-	2,02	-	153
S3C6	15,50 – 15,80	-	-	-	-	-	2,09	-	248
S3C7	17,30 – 18,00	-	-	-	-	-	2,27	-	312
S3C8	18,30 – 18,90	-	-	-	-	-	2,22	-	268
S3C9	19,10 – 19,60	-	-	-	-	-	2,39	-	295
S4C1	3,30 – 4,00	-	-	-	-	-	2,6	-	845
S4C2	5,00 – 5,50	-	-	-	-	-	2,54	-	768
S4C3	5,50 – 5,70	-	-	-	-	-	2,67	-	787
S4C4	8,50 – 9,00	-	-	-	-	-	2,69	-	960
S4C5	14,00 – 14,30	-	-	-	-	-	2,75	-	1075
S4C6	10,50 – 10,80	-	-	-	-	-	2,65	-	710
S4C7	15,30 – 15,60	-	-	-	-	-	2,57	-	622
S4C8	18,00 – 18,35	-	-	-	-	-	2,7	-	1164

Con:

- φ : angolo di attrito interno del terreno;
 C: coesione;
 ll -lp -Ip: limite liquido, plastico e indice di plasticità;
 % H₂O: contenuto di umidità naturale;
 G: Peso di volume reale;
 Y_n: Peso di volume naturale;
 Y_s: Peso di volume secco;
 σ : carico di rottura.

Sulla base del diagramma di Casagrande (per argille e limi), basato sui valori del limite liquido e limite plastico e indici di consistenza I_c, è stata eseguita la classificazione dei terreni.

Tutti i campioni a grana fine analizzati della tabella 11 (campagna d'indagini 2009) sono classificati secondo il sistema unificato di classificazione delle terre (USCS Unified Soil Classification System) come CL-OL “**argille inorganiche di plasticità da bassa a media, argille ghiaiose o sabbiose o siltose, silt e silt argillosi organici di bassa plasticità**” con LL < 50.

Sulla base dell'indice di consistenza ottenuto con la seguente formula:

$$I_c = LL - W_n / IP$$

con:

LL = limite liquido;
W_n = umidità naturale;
I_p = indice plastico.

presentano un comportamento **semisolido** e **solido**.

I campioni a grana fine analizzati della tabella 12 (campagna d'indagini 2011), sono classificati secondo il sistema unificato di classificazione delle terre (USCS Unified Soil Classification System) come CL-OL “**argille inorganiche di plasticità da bassa a media, argille ghiaiose o sabbiose o siltose, silt e silt argillosi organici di bassa plasticità**” con LL < 50 per una profondità di 6,50 m da p.c. (foro di sondaggio S3) ed come ML-OL “**silt inorganici e sabbia finissima, sabbia fine siltosa o argillosa, silt e silt argillosi organici di bassa plasticità**”. Per i campioni analizzati fino alla profondità di 6,5 m dal p.c., la componente argillosa e siltosa è elevata, con l'aumentare della profondità, diminuisce il contenuto fine ed aumenta la componente sabbiosa medio grossolana, ghiaietto e ghiaie.

12 – CARTA DELLE ACCLIVITA'

La carta della acclività è stata realizzata utilizzando il DTM passo 10 m, in coordinate Gauss Boaga, acquisito dalla società Foster Wheeler Italiana S.p.A. In data 13/01/2009 dalla Regione Autonoma della Sardegna – Direzione Generale della Pianificazione Urbanistica territoriale e della Vigilanza Edilizia – Servizio Informatico e Cartografico regionale.

Considerato il passo del grigliato del DTM utilizzato, la carta può presentare un certo margine d'incertezza.

Dall'osservazione della Carta della Acclività si evince che la quasi totalità degli aerogeneratori (esattamente 15 su 18) ricadono in aree con pendenza notevolmente inferiore al 15 %. solo gli aerogeneratori T03, la T04 e T06 sono ubicati su aree prossime ad una pendenza del 15% e pertanto per questi si è ritenuto opportuno effettuare, in via cautelativa una verifica di stabilità del versante in condizioni ex ante (prima del posizionamento dell'aerogeneratore) e nelle condizioni ex post (dopo il posizionamento dell'aerogeneratore).

13 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-GEOMECCANICA DEI TERRENI SU CUI POGGIANO GLI AEROGENERATORI.

Nelle valutazioni che si devono svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi

quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (in *fondazioni superficiali* o in una *frana* il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Lo studio geologico eseguito, limitatamente all'area in esame, ha permesso di formulare alcune considerazioni importanti per la caratterizzazione dei terreni di fondazione. In particolare:

- il substrato calcareo dolomitico, individuato ad una profondità minima di circa 0,50 m dal p.c. (foro di sondaggio **S1**) e massima di poco più di 1,50 m dal p.c., (foro di sondaggio **S2**), è rappresentato, superiormente da calcari giallo beige, molto spesso rossastri per alterazione e, inferiormente da calcari oolitici e calcari dolomitici; nel complesso risulta abbastanza tenace ma quasi sempre interessato da cavità carsiche e inclusioni argillose. L'indice di fratturazione (RQD) è risultato alto (substrato calcareo dolomitico fratturato) per il foro **S1** e molto basso (substrato calcareo dolomitico fortemente fratturato) per il foro **S2**.
- Litologia conglomeratica costituita dalla presenza di calcari dolomitici a spigoli vivi che suggerisce il trattamento geotecnico come “**terreno**” piuttosto che come roccia (foro di sondaggio **S3**).
- Depositi terrigeni rappresentati da una copertura pedogenetica passante con continuità ad un deposito continentale argillo sabbioso brunastro; ha uno spessore massimo fino ad ora individuato di 1,50 m dall'attuale p.c., e quindi geotecnicamente non interessante perché da asportare nella realizzazione dell'incastro delle fondazioni degli aerogeneratori.

La campagna d'indagine integrativa eseguita nell'anno 2011, ha caratterizzato, con il foro di sondaggio **S1**, un settore non indagato precedentemente compreso tra una morfologia di “piccolo rilievo” del settore meridionale in prossimità del Monte Alvaro con il settore pianeggiante settentrionale, in loc. Biunisi. La litologia in esame è la stessa indagata nell'anno 2009 con il foro di sondaggio **S1** ma che presentava un elevato indice di fratturazione (vd. Stratigrafie in allegato). Il foro di sondaggio **S2** richiama ancora il foro di sondaggio **S1** dell'indagine 2009 fino alla profondità di 6,60 m dal p.c. e oltre la profondità di 11,3 m al p.c. Alla profondità intermedia di 6,60 m dal p.c. si differenzia per la presenza di un calcare marnoso tenero poco fratturato caratterizzato da una marcata fissilità con livelli carboniosi. Il foro di sondaggio **S4** richiama in parte il foro di sondaggio **S2** ma con un buon indice di fratturazione (scarsamente fratturato).

Il foro di sondaggio **S3** individua geotecnicamente un altro tipo di terreno: la stratigrafia evidenzia la presenza di depositi continentali di copertura per uno spessore di 12 m dal p.c., rappresentati da una alternanza di strati argillo sabbiosi plastici, sabbia argillose e sabbie limose con livelli prettamente clastici di ghiaie e ciottoli calcarei.

Riassumendo, si rileva come come la maggior parte degli aerogeneratori saranno fondati sul substrato calcareo con un indice di fratturazione variabile e con eventuali intercalazioni di livelli marnosi poco fratturati; solo l'aerogeneratore T17 (indagato con il foro di sondaggio **S3**) e T16 (dal solo rilievo geologico superficiale) dovranno necessariamente essere fondati su pali di fondazione per la presenza di depositi alluvionali di copertura dello spessore di circa 12 m (riferimento al foro di sondaggio **S3**).

Sulla stessa linea della settorializzazione morfologica di cui al paragrafo 7, l'area in studio può essere parametrizzata dal punto di vista geotecnico-geomeccanico secondo la morfologia di “piccolo rilievo” per il settore meridionale compreso tra la cava di monte Rosè e quella di Monte Alvaro, identificato dai fori di sondaggio **S1** (indagine 2009) ed **S4, S2 ed S1** (indagine 2011); una morfologia collinare per il settore orientale (loc. “Monte delle Case”) identificato dal foro di sondaggio **S3** (indagine 2009), il settore debolmente acclive e pianeggiante settentrionale, in località “Biunisi, identificato con il foro di sondaggio **S2** (indagine 2009) ed inserendo un quarto settore, pianeggiante, in loc. Margoneddu-Biunisi individuato con il foro di sondaggio **S3** (indagine 2011).

Sulla base dei dati ottenuti dalle campagne d'indagini eseguite, corroborati con dati riferiti a terreni simili in aree limitrofe e sulla base delle considerazioni sopra esposte, si possono sinteticamente riassumere le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni di fondazione:

Tabella 13

(substrato calcareo dolomitico fratturato; foro di sondaggio **S1** - indagine 2009 ed **S4, S2 e S1** indagine 2011 – loc. Monte Rosè – Monte Alvaro)

C'	0	kN/m²
φ	45	°
γ_{nat}	24,12 – 27,95	kN/m³
σ	10031 – 44655	kN/m²
RQD	30 -70	%
E*	98066,50	kN/m²
v*	0,15	-

Tabella 14

 (substrato calcareo dolomitico fortemente fratturato; foro di sondaggio S2
 - indagine 2009 – Loc. Biunisi)

C'	0	kN/m²
φ	41	°
γ_{nat}	24,40	kN/m³
RQD	20 - 40	%
E*	39226,60 – 58839,90	kN/m²
v*	0,20	-

Tabella 15

(depositi conglomeratici; foro di sondaggio S3 - indagine 2009 – Loc. Monte delle Case)

C'	6,56 – 9,81	kN/m²
φ	36	°
γ_{nat}	17,65	kN/m³
γ_s	15,69	kN/m³
RQD	-	%
E*	49033,20	kN/m²
v*	0,25	-

Tabella 16

(depositi argillosi; foro di sondaggio S3 - indagine 2011 – loc. Margoneddu-Biunisi)

C'	24,42 – 46,09	kN/m²
φ	20,13 – 25,2	°
γ_{nat}	-	kN/m³
γ_s	15,39 – 16,18	kN/m³
RQD	-	%
E*	7354 - 14710	kN/m²
v*	0,5	-

Tabella 17

(marne gessifere e argilliti gessifere; foro di sondaggio **S3** - indagine 2011
– loc. Margoneddu-Biunisi)

C'	0	kN/m²
φ*	41 - 45	°
Y_{nat}	19,80 – 23,43	kN/m³
Y_s	-	kN/m³
RQD	-	%
E*	49033 - 68650	kN/m²
v*	0,2	-

* (valore bibliografico)

Con:

- φ: angolo di attrito interno del terreno;
- C: coesione;
- Y_n: Peso di volume naturale;
- Y_s: Peso di volume secco;
- σ: carico di rottura;
- RQD: indice di fratturazione;
- E: modulo elastico;
- v: coefficiente di Poisson.

Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, nelle verifiche di stabilità del pendio in condizioni ex ante ed ex post, è stata ancora utilizzata la classificazione RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawski (1989) ma stavolta sull'intero volume significativo. Le analisi sono state condotte sugli aerogeneratori posizionati sul territorio su aree con pendenze prossime al 15%, l'aerogeneratore T03, T04 e T06.

Di seguito, sono riportati i risultati ottenuti sulla base della classificazione di Bieniawski per i sondaggi di riferimento più vicini **S2** ed **S4** corroborati con i dati desunti dalle stazioni strutturali:

Tabella 18

(substrato calcareo dolomitico fratturato; foro di sondaggio S1)

Sondaggio di riferimento	RMR	CLASSE	QUALITA'	φ	C'	Ed
S2	62,3	II	buono	36,2	311,62	24,65
S4	63,8	II	buono	36,9	319,01	2,76

Con:

Ed (Gpa): modulo elastico.

Per quanto riguarda la **classificazione sismica** del territorio in esame, si precisa che, sulla base dei dati contenuti nell'Allegato A dello O.P.C.M. 20 Marzo 2003 n. 3274, tutti i Comuni della Regione Sardegna sono classificati in zona 4 che, nella classificazione sismica dei territori, rappresenta quella a rischio sismico molto basso (quasi inesistente).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla “pericolosità di base“ del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Applicando il *metodo pseudostatico*, l'azione sismica si traduce in accelerazioni del sottosuolo (effetto cinematico khk) e nella fondazione (effetto inerziale khi) per le azioni delle forze di inerzia prodotte nella struttura in elevazione.

L'effetto inerziale produce le variazioni di tutti i coefficienti di carico limite Nc Nq e Ny in funzione del coefficiente sismico khi (interviene nella formula trinomia operando direttamente sui coefficienti correttivi iq,ic,iy che tengono conto dell'inclinazione del carico). L'effetto cinematico modifica solo il coefficiente Ny in funzione del coefficiente sismico khk. Ny viene quindi moltiplicato sia per il coefficiente correttivo dell'effetto inerziale, sia per il coefficiente correttivo per l'effetto cinematico (C.7.11.5.3.1)

Per la determinazione dei parametri sismici si è utilizzato un Vn 50 anni ed inserendo l'aerogeneratore in categoria IV. Congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008, il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo A (ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m).

Il pendio viene considerato con una inclinazione $< 15^\circ$

14 - VERIFICHE DI STABILITÀ PER PENDII IN ROCCIA (*Metodo di Hoek e Bray*)

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

dove:

- σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;
- A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (*riportati in tabella*);
- N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR).

La verifica viene condotta su n. 3 aerogeneratori, denominati T03, T04 e T06 quelli risultati dalla carta dell'acclività prossimi alla pendenza massima del versante del 15%, nelle condizioni ex ante ed ex post. In via cautelativa si utilizzeranno i dati desunti dal foro di sondaggio S2.

14.1– verifica aerogeneratore T03

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,25	2,68	0,3
S.L.D.	101,0	0,31	2,73	0,31

S.L.V.	949,0	0,6	2,98	0,37
S.L.C.	1950,0	0,71	3,06	0,39

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,3	0,2	0,0061	0,0031
S.L.D.	0,372	0,2	0,0076	0,0038
S.L.V.	0,72	0,2	0,0147	0,0073
S.L.C.	0,852	0,2	0,0174	0,0087

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,015
Coefficiente azione sismica verticale 0,007

– **condizione ex ante (T03)**

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	72,35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	227,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	333,61 m
Ordinata vertice destro superiore ys	382,49 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	110,0
2	60,7	115,0
3	129,78	120,0

4	177,44	125,0
5	210,47	130,0
6	233,8	135,0
7	233,8	132,0
8	248,8	132,0
9	248,8	135,0
10	257,13	140,0
11	284,12	145,0
12	309,84	150,0
13	341,95	155,0
14	373,09	160,0
15	452,62	165,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (kN/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione e monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	17,65225	0,369	0,669	-0,006	870		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	233,84	131,99	248,84	131,99	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	16,86
Ascissa centro superficie	268,3 m
Ordinata centro superficie	281,81 m
Raggio superficie	192,33 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 268,298 yc = 281,814 Rc = 192,333 **Fs=16,8563**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	8,66	-32,9	10,31	52002,44	780,04	364,02	10,48	52,6	0,0	104344,0	65660,3
2	9,16	-29,8	10,55	159737,4	2396,06	1118,16	10,53	51,3	0,0	227013,0	75204,2
3	8,16	-26,8	9,15	227024,0	3405,36	1589,17	10,63	50,1	0,0	290379,1	71131,5
4	8,66	-24,1	9,49	323090,4	4846,36	2261,63	10,74	49,0	0,0	389106,8	79089,6
5	8,66	-21,3	9,29	399877,2	5998,16	2799,14	10,88	48,0	0,0	461020,8	82169,5
6	7,54	-18,7	7,96	404756,6	6071,35	2833,3	11,01	47,2	0,0	452180,8	73652,6
7	9,78	-16,0	10,18	601109,0	9016,64	4207,76	11,17	46,5	0,0	653444,6	98352,4
8	8,66	-13,1	8,89	600418,7	9006,28	4202,93	11,33	45,7	0,0	637481,9	89598,1
9	4,89	-11,1	4,98	364206,7	5463,1	2549,45	11,45	45,2	0,0	381190,0	51460,7
10	0,05	-10,3	0,05	3681,48	55,22	25,77	11,44	45,3	0,0	3837,6	522,5
11	15,0	-8,1	15,15	1096772,0	16451,57	7677,4	11,44	45,2	0,0	1129660,0	154950,1
12	8,28	-4,6	8,31	706572,2	10598,58	4946,01	11,7	44,3	0,0	716017,3	90093,0
13	15,09	-1,1	15,1	1409615,0	21144,23	9867,31	11,88	43,7	0,0	1413061,0	169547,5
14	11,9	2,9	11,91	1159768,0	17396,51	8118,37	11,95	43,5	0,0	1154316,0	135797,9
15	5,43	5,5	5,45	538851,8	8082,78	3771,96	11,98	43,4	0,0	535318,1	62521,4
16	8,66	7,6	8,74	868554,3	13028,31	6079,88	11,98	43,4	0,0	862860,8	100449,2
17	11,63	10,7	11,84	1173152,0	17597,28	8212,07	11,96	43,5	0,0	1168224,0	136022,1
18	5,69	13,3	5,85	571588,3	8573,82	4001,12	11,91	43,6	0,0	571570,4	66946,4
19	8,66	15,6	8,99	858122,2	12871,83	6006,86	11,85	43,8	0,0	862342,4	102053,8
20	8,66	18,3	9,12	838117,9	12571,77	5866,83	11,75	44,1	0,0	848821,8	102200,8
21	9,09	21,1	9,74	850479,3	12757,19	5953,36	11,64	44,5	0,0	870056,9	107291,0
22	8,23	23,9	9,0	737245,4	11058,68	5160,72	11,51	45,0	0,0	763215,6	97018,9
23	8,66	26,6	9,69	734827,9	11022,42	5143,8	11,37	45,5	0,0	771035,9	101805,9
24	8,66	29,6	9,96	684419,1	10266,29	4790,93	11,22	46,2	0,0	729434,4	101284,2
25	5,58	32,0	6,59	410060,7	6150,91	2870,43	11,09	46,8	0,0	443122,2	64868,1
26	11,74	35,2	14,36	757836,7	11367,55	5304,86	10,93	47,7	0,0	832523,1	134004,5
27	8,66	39,0	11,14	449184,0	6737,76	3144,29	10,75	49,0	0,0	500351,2	95555,0
28	8,66	42,4	11,72	341784,7	5126,77	2392,49	10,62	50,1	0,0	379002,7	91603,5
29	8,66	46,0	12,46	219257,9	3288,87	1534,81	10,53	51,4	0,0	226440,0	86033,2
30	8,66	49,8	13,42	78535,52	1178,03	549,75	10,48	52,7	0,0	29413,1	77956,5

– **condizione ex post (T03)**

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	72,35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	227,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	333,61 m
Ordinata vertice destro superiore ys	382,49 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	110,0
2	60,7	115,0
3	129,78	120,0
4	177,44	125,0
5	210,47	130,0
6	233,8	135,0
7	233,8	132,0
8	248,8	132,0
9	248,8	135,0
10	257,13	140,0
11	284,12	145,0
12	309,84	150,0
13	341,95	155,0
14	373,09	160,0
15	452,62	165,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (kN/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione e monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	17,65225	0,369	0,669	-0,006	870		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	233,84	131,99	248,84	131,99	3

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	17,36
Ascissa centro superficie	268,3 m
Ordinata centro superficie	281,81 m
Raggio superficie	192,33 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 268,298 yc = 281,814 Rc = 192,333 **Fs=17,3634**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	8,66	-32,9	10,31	52002,44	780,04	364,02	10,48	52,6	0,0	103047,5	63654,0
2	9,16	-29,8	10,55	159737,4	2396,06	1118,16	10,53	51,3	0,0	225708,5	72922,8
3	8,16	-26,8	9,15	227024,0	3405,36	1589,17	10,63	50,1	0,0	289294,3	68986,4
4	8,66	-24,1	9,49	323090,4	4846,36	2261,63	10,74	49,0	0,0	388047,5	76716,1
5	8,66	-21,3	9,29	399877,2	5998,16	2799,14	10,88	48,0	0,0	460065,8	79714,3
6	7,54	-18,7	7,96	404756,6	6071,35	2833,3	11,01	47,2	0,0	451439,2	71459,7
7	9,78	-16,0	10,18	601109,0	9016,64	4207,76	11,17	46,5	0,0	652608,8	95434,1
8	8,66	-13,1	8,89	600418,7	9006,28	4202,93	11,33	45,7	0,0	636863,3	86948,3
9	4,89	-11,1	4,98	364206,7	5463,1	2549,45	11,45	45,2	0,0	380892,7	49942,2
10	0,05	-10,3	0,05	3981,78	59,73	27,87	11,55	44,8	0,0	4143,0	523,1
11	15,0	-8,1	15,15	1546471,0	23197,07	10825,3	12,03	43,2	0,0	1586476,0	173508,1
12	8,28	-4,6	8,31	706572,2	10598,58	4946,01	11,7	44,3	0,0	715806,3	87451,2
13	15,09	-1,1	15,1	1409615,0	21144,23	9867,31	11,88	43,7	0,0	1412968,0	164591,5
14	11,9	2,9	11,91	1159768,0	17396,51	8118,37	11,95	43,5	0,0	1154520,0	131842,2
15	5,43	5,5	5,45	538851,8	8082,78	3771,96	11,98	43,4	0,0	535494,1	60704,3
16	8,66	7,6	8,74	868554,3	13028,31	6079,88	11,98	43,4	0,0	863251,9	97535,1
17	11,63	10,7	11,84	1173152,0	17597,28	8212,07	11,96	43,5	0,0	1168969,0	132086,7
18	5,69	13,3	5,85	571588,3	8573,82	4001,12	11,91	43,6	0,0	572028,8	65014,2
19	8,66	15,6	8,99	858122,2	12871,83	6006,86	11,85	43,8	0,0	863160,6	99114,6
20	8,66	18,3	9,12	838117,9	12571,77	5866,83	11,75	44,1	0,0	849790,0	99265,3
21	9,09	21,1	9,74	850479,3	12757,19	5953,36	11,64	44,5	0,0	871240,3	104218,7
22	8,23	23,9	9,0	737245,4	11058,68	5160,72	11,51	45,0	0,0	764440,3	94249,7
23	8,66	26,6	9,69	734827,9	11022,42	5143,8	11,37	45,5	0,0	772488,4	98910,3
24	8,66	29,6	9,96	684419,1	10266,29	4790,93	11,22	46,2	0,0	731062,2	98415,2
25	5,58	32,0	6,59	410060,7	6150,91	2870,43	11,09	46,8	0,0	444267,5	63037,6
26	11,74	35,2	14,36	757836,7	11367,55	5304,86	10,93	47,7	0,0	835171,5	130243,5
27	8,66	39,0	11,14	449184,0	6737,76	3144,29	10,75	49,0	0,0	502502,4	92893,9
28	8,66	42,4	11,72	341784,7	5126,77	2392,49	10,62	50,1	0,0	381309,9	89072,9

29	8,66	46,0	12,46	219257,9	3288,87	1534,81	10,53	51,4	0,0	228873,1	83680,2
30	8,66	49,8	13,42	78535,52	1178,03	549,75	10,48	52,7	0,0	31905,9	75851,1

14.2 – verifica aerogeneratore T04

- condizione ex ante (T04)

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	582,85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	199,48 m
Ascissa vertice destro superiore xs	879,78 m
Ordinata vertice destro superiore ys	408,64 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	70,0
2	322,97	75,0
3	397,97	80,0
4	459,14	85,0
5	501,5	90,0
6	537,17	95,0
7	565,74	100,0
8	581,62	102,71
9	581,62	99,5
10	596,62	99,5
11	596,62	105,0
12	650,21	110,0
13	695,55	115,0
14	741,25	120,0

15	783,52	125,0
16	824,3	130,0
17	877,37	135,0
18	977,08	140,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (kN/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione e monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	17,65225	0,369	0,669	-0,006	870		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	581,71	99,44	596,71	99,44	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	18,18
Ascissa centro superficie	582,85 m
Ordinata centro superficie	199,48 m
Raggio superficie	105,46 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 582,849 yc = 199,483 Rc = 105,459 **Fs=18,1818**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,74	-15,0	2,84	3048,83	44,82	22,26	10,47	53,1	0,0	5879,4	10181,1
2	2,74	-13,4	2,82	8854,3	130,16	64,64	10,48	52,8	0,0	11581,8	10364,6
3	2,74	-11,9	2,8	14278,14	209,89	104,23	10,48	52,5	0,0	16814,1	10532,6
4	3,29	-10,2	3,34	23700,1	348,39	173,01	10,49	52,2	0,0	26398,4	12809,3
5	2,2	-8,7	2,23	19605,3	288,2	143,12	10,5	51,9	0,0	21171,5	8706,1
6	2,74	-7,4	2,77	28229,29	414,97	206,07	10,51	51,7	0,0	29883,4	10957,6
7	2,74	-5,9	2,76	32117,1	472,12	234,45	10,52	51,5	0,0	33425,8	11076,5

8	2,74	-4,4	2,75	35646,51	524,0	260,22	10,53	51,3	0,0	36605,8	11186,3
9	2,74	-2,9	2,75	38819,9	570,65	283,39	10,54	51,1	0,0	39437,8	11287,4
10	2,7	-1,4	2,7	40910,63	601,39	298,65	10,55	51,0	0,0	41195,6	11186,9
11	0,05	-0,9	0,05	636,17	9,35	4,64	10,53	51,3	0,0	639,3	202,1
12	5,49	0,9	5,49	53954,16	793,13	393,87	10,51	51,7	0,0	53640,8	21486,1
13	2,74	3,1	2,75	26296,68	386,56	191,97	10,51	51,8	0,0	25757,1	10717,3
14	2,74	4,6	2,75	25387,12	373,19	185,33	10,51	51,8	0,0	24612,0	10685,4
15	4,03	6,4	4,05	34871,11	512,61	254,56	10,5	51,9	0,0	33333,9	15598,7
16	1,46	7,9	1,48	26438,52	388,65	193,0	10,58	50,6	0,0	25822,2	6258,9
17	2,74	9,1	2,78	48991,05	720,17	357,63	10,57	50,7	0,0	47736,1	11738,2
18	2,74	10,6	2,79	47905,4	704,21	349,71	10,57	50,7	0,0	46540,7	11734,8
19	2,74	12,1	2,81	46445,31	682,75	339,05	10,56	50,8	0,0	44986,7	11723,3
20	2,74	13,7	2,82	44610,94	655,78	325,66	10,55	50,9	0,0	43064,8	11705,3
21	2,74	15,2	2,84	42389,79	623,13	309,45	10,55	51,1	0,0	40753,5	11678,8
22	2,74	16,7	2,87	39776,7	584,72	290,37	10,54	51,2	0,0	38034,7	11644,1
23	2,74	18,3	2,89	36763,4	540,42	268,37	10,53	51,4	0,0	34885,4	11599,9
24	2,74	19,9	2,92	33334,52	490,02	243,34	10,52	51,6	0,0	31271,9	11545,8
25	2,74	21,5	2,95	29482,03	433,39	215,22	10,51	51,8	0,0	27164,9	11480,3
26	2,74	23,1	2,98	25193,21	370,34	183,91	10,5	52,0	0,0	22526,3	11402,0
27	2,74	24,7	3,02	20449,35	300,61	149,28	10,49	52,3	0,0	17305,1	11310,4
28	2,74	26,4	3,06	15234,93	223,95	111,22	10,48	52,6	0,0	11449,8	11202,8
29	2,74	28,0	3,11	9528,99	140,08	69,56	10,48	52,9	0,0	4895,7	11076,1
30	2,74	29,8	3,16	3310,7	48,67	24,17	10,47	53,2	0,0	-2436,1	10930,2

- condizione ex post (T04)

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	582,85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	199,48 m
Ascissa vertice destro superiore xs	879,78 m
Ordinata vertice destro superiore ys	408,64 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0

Numero di celle lungo y

10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	70,0
2	322,97	75,0
3	397,97	80,0
4	459,14	85,0
5	501,5	90,0
6	537,17	95,0
7	565,74	100,0
8	581,62	102,71
9	581,62	99,5
10	596,62	99,5
11	596,62	105,0
12	650,21	110,0
13	695,55	115,0
14	741,25	120,0
15	783,52	125,0
16	824,3	130,0
17	877,37	135,0
18	977,08	140,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (kN/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione e monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	17,65225	0,369	0,669	-0,006	870		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	581,71	99,44	596,71	99,44	³

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	18,18
Ascissa centro superficie	582,85 m
Ordinata centro superficie	199,48 m
Raggio superficie	105,46 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 582,849 yc = 199,483 Rc = 105,459 Fs=18,1818

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,74	-15,0	2,84	3048,83	44,82	22,26	10,47	53,1	0,0	5879,4	10181,1
2	2,74	-13,4	2,82	8854,3	130,16	64,64	10,48	52,8	0,0	11581,8	10364,6
3	2,74	-11,9	2,8	14278,14	209,89	104,23	10,48	52,5	0,0	16814,1	10532,6
4	3,29	-10,2	3,34	23700,1	348,39	173,01	10,49	52,2	0,0	26398,4	12809,3
5	2,2	-8,7	2,23	19605,3	288,2	143,12	10,5	51,9	0,0	21171,5	8706,1
6	2,74	-7,4	2,77	28229,29	414,97	206,07	10,51	51,7	0,0	29883,4	10957,6
7	2,74	-5,9	2,76	32117,1	472,12	234,45	10,52	51,5	0,0	33425,8	11076,5
8	2,74	-4,4	2,75	35646,51	524,0	260,22	10,53	51,3	0,0	36605,8	11186,3
9	2,74	-2,9	2,75	38819,9	570,65	283,39	10,54	51,1	0,0	39437,8	11287,4
10	2,7	-1,4	2,7	40910,63	601,39	298,65	10,55	51,0	0,0	41195,6	11186,9
11	0,05	-0,9	0,05	636,17	9,35	4,64	10,53	51,3	0,0	639,3	202,1
12	5,49	0,9	5,49	217319,0	3194,59	1586,43	10,87	48,1	0,0	216927,9	27932,4
13	2,74	3,1	2,75	108633,7	1596,92	793,03	10,87	48,1	0,0	108038,4	13970,3
14	2,74	4,6	2,75	107722,3	1583,52	786,37	10,86	48,1	0,0	106949,9	13947,0
15	4,03	6,4	4,05	155632,8	2287,8	1136,12	10,85	48,2	0,0	154318,3	20406,7
16	1,46	7,9	1,48	27639,69	406,3	201,77	10,59	50,5	0,0	27028,1	6307,9
17	2,74	9,1	2,78	48991,05	720,17	357,63	10,57	50,7	0,0	47736,1	11738,2
18	2,74	10,6	2,79	47905,4	704,21	349,71	10,57	50,7	0,0	46540,7	11734,8
19	2,74	12,1	2,81	46445,31	682,75	339,05	10,56	50,8	0,0	44986,7	11723,3
20	2,74	13,7	2,82	44610,94	655,78	325,66	10,55	50,9	0,0	43064,8	11705,3
21	2,74	15,2	2,84	42389,79	623,13	309,45	10,55	51,1	0,0	40753,5	11678,8
22	2,74	16,7	2,87	39776,7	584,72	290,37	10,54	51,2	0,0	38034,7	11644,1
23	2,74	18,3	2,89	36763,4	540,42	268,37	10,53	51,4	0,0	34885,4	11599,9
24	2,74	19,9	2,92	33334,52	490,02	243,34	10,52	51,6	0,0	31271,9	11545,8
25	2,74	21,5	2,95	29482,03	433,39	215,22	10,51	51,8	0,0	27164,9	11480,3
26	2,74	23,1	2,98	25193,21	370,34	183,91	10,5	52,0	0,0	22526,3	11402,0
27	2,74	24,7	3,02	20449,35	300,61	149,28	10,49	52,3	0,0	17305,1	11310,4
28	2,74	26,4	3,06	15234,93	223,95	111,22	10,48	52,6	0,0	11449,8	11202,8
29	2,74	28,0	3,11	9528,99	140,08	69,56	10,48	52,9	0,0	4895,7	11076,1
30	2,74	29,8	3,16	3310,7	48,67	24,17	10,47	53,2	0,0	-2436,1	10930,2

14.3 – verifica aerogeneratore T06

– condizione ex ante (T06)

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	40,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	135,62 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	193,39 m
Ascissa vertice destro superiore xs	448,95 m
Ordinata vertice destro superiore ys	401,19 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	75,0
2	64,83	80,0
3	178,38	85,0
4	273,78	90,0
5	317,59	95,0
6	358,07	100,0
7	393,31	105,0
8	393,31	102,0
9	408,31	102,0
10	408,31	107,5
11	428,8	110,0
12	453,64	115,0
13	480,33	120,0
14	506,38	125,0
15	540,44	130,0
16	595,24	135,0
17	650,47	140,0

18	681,64	145,0
----	--------	-------

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coazione efficace	1,25
Coazione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (kN/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione e monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	17,65225	0,369	0,669	-0,006	870		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	76,7	557,7	76,7	557,7	0
2	393,33	102,02	408,33	102,02	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	17,28
Ascissa centro superficie	448,95 m
Ordinata centro superficie	255,73 m
Raggio superficie	202,58 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 448,955 yc = 255,729 Rc = 202,581 **Fs=17,278**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7,21	-36,6	8,98	41318,91	619,78	289,23	10,48	52,7	0,0	93057,5	55936,9
2	7,21	-34,1	8,71	119205,2	1788,08	834,44	10,52	51,5	0,0	184934,6	60424,4
3	7,21	-31,7	8,47	191225,5	2868,38	1338,58	10,59	50,4	0,0	264272,3	64030,5
4	7,21	-29,3	8,27	257839,5	3867,59	1804,88	10,69	49,4	0,0	333362,9	66981,6
5	4,71	-27,4	5,3	201937,7	3029,07	1413,56	10,78	48,7	0,0	250853,3	45104,4
6	9,71	-25,1	10,72	495500,8	7432,51	3468,51	10,91	47,8	0,0	592383,1	95956,9
7	7,21	-22,5	7,8	431931,2	6478,97	3023,52	11,06	47,0	0,0	498052,1	73477,9
8	7,21	-20,3	7,69	481871,5	7228,07	3373,1	11,2	46,3	0,0	541710,6	75104,1
9	7,21	-18,2	7,58	527774,8	7916,62	3694,42	11,34	45,7	0,0	580594,9	76528,0

10	3,92	-16,5	4,08	304534,0	4568,01	2131,74	11,44	45,3	0,0	330135,8	42109,9
11	0,05	-15,9	0,05	3830,12	57,45	26,81	11,43	45,3	0,0	4134,0	532,4
12	15,0	-13,7	15,44	1162615,0	17439,22	8138,3	11,47	45,1	0,0	1235660,0	158529,3
13	9,86	-10,1	10,02	919279,6	13789,19	6434,96	11,81	43,9	0,0	953656,6	110575,6
14	10,58	-7,2	10,66	1039708,0	15595,62	7277,95	11,94	43,5	0,0	1063223,0	120091,6
15	3,83	-5,2	3,85	389351,0	5840,27	2725,46	12,03	43,2	0,0	394906,0	43901,9
16	7,21	-3,6	7,22	751707,3	11275,61	5261,95	12,09	43,1	0,0	758429,8	83214,4
17	7,21	-1,6	7,21	774735,2	11621,03	5423,15	12,16	42,8	0,0	777309,9	84063,0
18	6,59	0,4	6,59	726052,9	10890,79	5082,37	12,22	42,7	0,0	725537,6	77589,9
19	7,82	2,4	7,83	878420,1	13176,3	6148,94	12,26	42,6	0,0	875270,5	92791,8
20	7,21	4,6	7,23	821766,2	12326,49	5752,36	12,29	42,5	0,0	817504,9	86141,9
21	7,21	6,6	7,25	830140,8	12452,11	5810,99	12,29	42,5	0,0	825649,3	86698,3
22	4,46	8,3	4,5	515994,8	7739,92	3611,96	12,29	42,5	0,0	513588,2	53868,4
23	9,96	10,3	10,12	1156315,0	17344,72	8094,21	12,27	42,5	0,0	1153324,0	121024,3
24	7,21	12,8	7,39	835489,1	12532,34	5848,42	12,22	42,7	0,0	836792,6	88117,6
25	8,89	15,2	9,21	1022913,0	15343,7	7160,39	12,16	42,9	0,0	1030226,0	109191,0
26	5,53	17,3	5,79	627790,7	9416,86	4394,54	12,08	43,1	0,0	636296,6	68096,7
27	7,21	19,2	7,63	803566,2	12053,49	5624,96	12,0	43,3	0,0	819892,6	88860,7
28	7,21	21,4	7,74	782768,6	11741,53	5479,38	11,89	43,7	0,0	805735,2	88871,1
29	7,21	23,6	7,86	757861,8	11367,93	5305,03	11,77	44,0	0,0	788067,6	88809,5
30	6,91	25,8	7,68	699637,1	10494,56	4897,46	11,65	44,5	0,0	735791,3	85064,3
31	7,5	28,0	8,5	721005,1	10815,08	5047,04	11,51	45,0	0,0	768012,9	91854,5
32	7,21	30,4	8,36	648180,7	9722,71	4537,27	11,35	45,6	0,0	700304,4	87573,4
33	7,21	32,8	8,58	599156,5	8987,35	4194,1	11,2	46,3	0,0	657081,4	86704,7
34	7,21	35,3	8,83	544511,8	8167,68	3811,58	11,05	47,0	0,0	606505,4	85591,8
35	7,21	37,8	9,12	483751,8	7256,28	3386,26	10,91	47,8	0,0	547105,4	84160,5
36	7,21	40,5	9,47	416225,3	6243,38	2913,58	10,78	48,7	0,0	476843,4	82292,0
37	7,21	43,2	9,89	341142,0	5117,13	2387,99	10,66	49,7	0,0	392990,1	79826,1
38	4,06	45,4	5,79	155826,4	2337,4	1090,79	10,59	50,5	0,0	177774,3	43568,1
39	10,35	48,4	15,6	265899,3	3988,49	1861,3	10,52	51,5	0,0	282306,3	105050,6
40	7,21	52,3	11,79	58085,89	871,29	406,6	10,48	52,8	0,0	10000,1	65676,9

- condizione ex post (T06)

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	40,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	135,62 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	193,39 m
Ascissa vertice destro superiore xs	448,95 m
Ordinata vertice destro superiore ys	401,19 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	75,0
2	64,83	80,0
3	178,38	85,0
4	273,78	90,0
5	317,59	95,0
6	358,07	100,0
7	393,31	105,0
8	393,31	102,0
9	408,31	102,0
10	408,31	107,5
11	428,8	110,0
12	453,64	115,0
13	480,33	120,0
14	506,38	125,0
15	540,44	130,0
16	595,24	135,0
17	650,47	140,0
18	681,64	145,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso uni'ità di volume (kN/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione e monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	17,65225	0,369	0,669	-0,006	870		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	76,7	557,7	76,7	557,7	0
2	393,33	102,02	408,33	102,02	3

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	17,9
Ascissa centro superficie	448,95 m
Ordinata centro superficie	297,29 m
Raggio superficie	239,95 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 448,955 yc = 297,289 Rc = 239,947 **Fs=17,8964**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7,72	-31,6	9,06	40289,38	604,34	282,03	10,48	52,7	0,0	80198,1	53587,4
2	7,72	-29,4	8,87	116726,6	1750,9	817,09	10,52	51,5	0,0	166729,6	58025,4
3	7,72	-27,3	8,69	187933,6	2819,0	1315,54	10,59	50,4	0,0	243427,6	61731,5
4	7,72	-25,3	8,54	254212,5	3813,19	1779,49	10,69	49,5	0,0	311719,7	64869,9
5	7,65	-23,3	8,33	312690,8	4690,36	2188,84	10,79	48,6	0,0	369092,9	66935,4
6	7,79	-21,3	8,36	377102,3	5656,53	2639,72	10,91	47,8	0,0	432094,2	70568,6
7	7,72	-19,3	8,18	428825,8	6432,39	3001,78	11,04	47,1	0,0	479537,8	72084,5
8	7,72	-17,3	8,09	479572,2	7193,58	3357,01	11,16	46,5	0,0	525508,4	73969,7
9	7,72	-15,4	8,01	526344,1	7895,16	3684,41	11,29	45,9	0,0	566857,9	75638,9
10	4,28	-13,9	4,41	310596,9	4658,95	2174,18	11,38	45,5	0,0	330587,4	42598,0
11	0,05	-13,4	0,05	4465,17	66,98	31,26	11,7	44,3	0,0	4717,4	539,2
12	15,0	-11,6	15,31	1523389,0	22850,83	10663,72	11,96	43,4	0,0	1589677,0	169505,8
13	11,55	-8,3	11,68	1005102,0	15076,53	7035,71	11,71	44,3	0,0	1033557,0	120635,5

14	8,89	-5,9	8,93	813263,6	12198,95	5692,85	11,82	43,9	0,0	827268,2	94059,9
15	6,56	-4,0	6,57	622429,3	9336,44	4357,01	11,9	43,6	0,0	628924,7	70204,0
16	7,72	-2,3	7,73	758316,3	11374,74	5308,21	11,97	43,4	0,0	762337,5	83630,3
17	10,56	-0,1	10,56	1075703,0	16135,54	7529,92	12,05	43,2	0,0	1075993,0	115912,8
18	4,88	1,7	4,89	509989,9	7649,85	3569,93	12,1	43,0	0,0	508605,9	54146,0
19	7,72	3,2	7,73	818950,9	12284,26	5732,66	12,13	42,9	0,0	815404,6	86193,7
20	7,72	5,1	7,75	831298,4	12469,48	5819,09	12,15	42,9	0,0	826861,4	86846,1
21	6,36	6,7	6,41	691687,8	10375,32	4841,82	12,16	42,9	0,0	687994,7	71991,5
22	9,08	8,6	9,19	994319,4	14914,79	6960,24	12,16	42,9	0,0	989998,8	103385,6
23	7,72	10,6	7,86	848053,5	12720,8	5936,38	12,14	42,9	0,0	846286,1	88411,4
24	9,25	12,7	9,48	1013421,0	15201,31	7093,94	12,1	43,0	0,0	1014895,0	106377,5
25	6,2	14,6	6,4	673249,2	10098,74	4712,75	12,05	43,2	0,0	677119,0	71470,1
26	7,72	16,3	8,05	826302,4	12394,54	5784,12	11,98	43,4	0,0	834964,7	89054,7
27	7,72	18,3	8,13	808634,9	12129,52	5660,44	11,9	43,6	0,0	822181,3	88975,0
28	7,72	20,2	8,23	786926,7	11803,9	5508,49	11,8	44,0	0,0	805908,0	88800,8
29	4,7	21,8	5,06	466233,0	6993,5	3263,63	11,72	44,2	0,0	480611,8	53885,8
30	10,75	23,8	11,75	1019994,0	15299,9	7139,96	11,6	44,7	0,0	1060877,0	122459,5
31	7,72	26,2	8,61	684711,7	10270,67	4792,98	11,44	45,3	0,0	720535,3	86968,5
32	7,72	28,3	8,77	639158,0	9587,37	4474,11	11,3	45,8	0,0	679767,3	85910,0
33	7,72	30,4	8,96	588538,6	8828,08	4119,77	11,16	46,5	0,0	632892,6	84624,4
34	7,72	32,6	9,17	532526,2	7987,89	3727,68	11,03	47,2	0,0	579000,8	83058,8
35	7,72	34,8	9,41	470731,4	7060,97	3295,12	10,89	47,9	0,0	516956,2	81143,5
36	5,44	36,8	6,79	291276,6	4369,15	2038,94	10,79	48,6	0,0	321864,3	55809,6
37	10,0	39,1	12,89	439345,7	6590,19	3075,42	10,68	49,5	0,0	485833,0	98827,7
38	7,72	41,9	10,37	245319,8	3679,8	1717,24	10,58	50,6	0,0	264826,2	72119,1
39	7,72	44,4	10,81	154486,7	2317,3	1081,41	10,51	51,7	0,0	150254,9	67379,9
40	7,72	47,1	11,33	54160,52	812,41	379,12	10,48	52,8	0,0	13696,1	61243,3

Tutte le verifiche di stabilità eseguite, sia in condizioni ex ante che ex post, hanno fornito valori di sicurezza minimo molto elevati.

15 - CONCLUSIONI

Le campagne d'indagini eseguite, hanno permesso di approfondire aspetti utili alla progettazione fornendo informazioni sulle caratteristiche geologiche-strutturali, idrogeologiche-idrogeologiche e geotecniche del territorio esaminato.

- Dal punto di vista geologico, le litologie presenti nel territorio in esame sono costituite prevalentemente da rocce sedimentarie di età mesozoica, solo l'aerogeneratori T17 è posizionato su depositi alluvionali recenti di cui si prevede una tipologia fondale di tipo profonda;

- Dal punto di vista idrologico, la posizione attuale degli aerogeneratori è tale da non interessare alvei e canali e non ricadono all'interno di compluvi significativi. Anche la Pala T17 è stata rilocata allontanandola da un canale di smaltimento di piccola estensione; una manutenzione periodica allo stesso eviterà la formazioni di ristagni idrici superficiali.
- Dal punto di vista geotecnico, sulla base delle indagini geognostiche fino ad ora svolte, la maggior parte degli aerogeneratori saranno fondati sul substrato calcareo; in fase esecutiva si verificheranno ancora i piani fondali ad oggi non ancora indagati; allo stato attuale delle conoscenze anche l'aerogeneratore T16 dovrà essere fondato su fondazioni profonde.
- La carta dell'acclività realizzata permette di avere una visione più chiara e immediata delle aree con pendenza inferiore al 15%; per gli aerogeneratori T03, T04 e T06 è stato inoltre condotta una verifica di stabilità del versante in condizioni ex ante ed ex post, rilevando valori minimi di coefficiente di sicurezza elevati (> 16).

Sassari, Aprile 2012

Il Professionista

(Dott. Geol. Domenico Praticò)

