

Data: 06/09/07

Versione: 00

Modifiche: Versione Originale

File: PR003-07-CENTRALE EOLICA T.S.GENNARRO _AllegatoA.doc

Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:
Dott. G.Poli Ing. A.Callerio Ing.P.Ascari	Ing. A. Callerio	Davide Trevisani

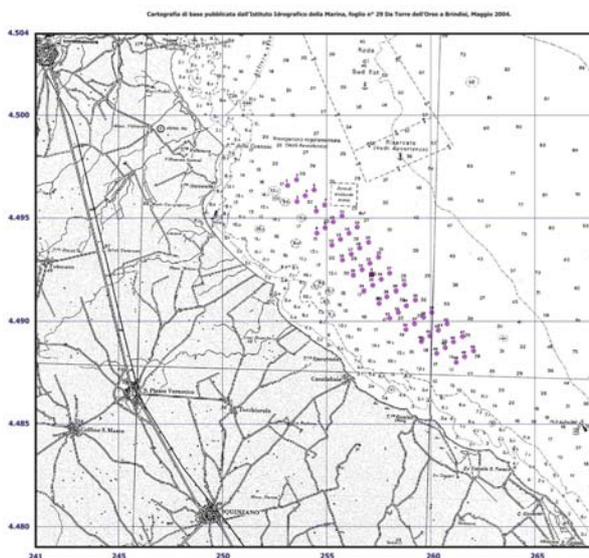
Committente: TREVI Energy S.p.A

Via Larga, 201 – 47023 CESENA (FC)

Opera: “CENTRALE EOLICA OFF-SHORE TORRE S.GENNARRO (BRINDISI)”.

Capitaneria di Porto di Brindisi (BR)

Oggetto: Relazione Geologica e Geotecnica Preliminare.



Responsabile Scientifico:



STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl

ingegneria geotecnica - ingegneria sismica - ingegneria ambientale
geologia applicata

Dott. Paolo Mazzoni

Ordine dei Geologi

Regione Toscana n°301

Revisioni

Versione	Data	Totale Pagine	Modifiche
00	06/09/2007	16	Versione Originale

Indice della Relazione.

1 Introduzione.....	pag. 3
2 Documenti di riferimento.....	pag. 5
3 Inquadramento geografico.....	pag. 6
4 Inquadramento tettonico regionale.....	pag.
Errore. Il segnalibro non è definito.	
4.1 L'area continentale.....	pag. 8
4.2 Il fondale marino.....	pag. 10
5 Inquadramento Geologico.....	pag. 11
5.1 L'area continentale.....	pag. 11
5.2 Il fondale marino.....	pag. 13
6 Caratterizzazione geotecnica preliminare.....	pag. 14
7 Inquadramento sismico dell'area.....	pag. 15

1 Introduzione

Con lo scopo di fornire la caratterizzazione preliminare dei terreni che ospiteranno le opere in progetto, nel seguito vengono definite, sulla base delle informazioni bibliografiche disponibili e dell'esperienza degli scriventi, le caratteristiche geologiche e strutturali dell'area a mare ubicata a sud del porto di Brindisi.

Gli argomenti trattati sono:

- *Inquadramento tettonico regionale*, con lo scopo di definire il quadro geodinamico generale dell'area pugliese centrale di interesse (Par. 4).
- *Inquadramento geologico* dell'area proposta quale sede dell'impianto eolico (Par. 5), articolato in:
 - geologia della linea di costa e dell'area continentale;
 - descrizione all'assetto stratigrafico dei fondali marini di interesse.
- *Caratterizzazione geotecnica preliminare*, sulla base dei dati disponibili (par. 6).
- *Inquadramento sismico dell'area*, rispetto alle indicazioni della normativa più aggiornata (par. 7).
-

Le indagini geofisiche off-shore in programma nell'area di progetto potranno fornire una più puntuale caratterizzazione stratigrafica dei terreni indagati, consentendo una definizione seppur indiretta delle proprietà meccaniche dei sedimenti superficiali e delle stratificazioni più profonde presenti nell'area, costituite presumibilmente da strati a diversa granulometria fino agli orizzonti litoidi, questi ultimi localizzati presumibilmente a profondità di non interesse per il progetto.

A tale scopo, la campagna di indagini in previsione sarà articolata come segue:

- Sismica a riflessione monocanale da eseguirsi lungo profili lineari con maglia di indagine di 1 Km.
- Sismica a riflessione multicanale (eventuale) da eseguirsi lungo profili lineari con maglia di indagine di 2 Km di lato.
- Sismica a rifrazione a 48 canali da eseguirsi sul fondale, lungo stendimenti lineari, combinata possibilmente con le tecniche MASW e REMI per la determinazione della velocità delle onde di taglio Vs.

Con la tecnica a riflessione monocanale si otterrà un elevato grado di risoluzione nelle prime decine di metri di profondità (fino a 20-40m), allo scopo di individuare le stratificazioni con spessori dell'ordine di 1-2 m. Con la tecnica a riflessione multicanale si raggiungeranno

profondità maggiori, al fine di individuare e caratterizzare, anche in termini di velocità di propagazione delle onde di volume, gli strati riflettori fino a 150-200 m di profondità. La sismica a rifrazione sarà invece dedicata alla determinazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio, con il fine di ottenere una stima di massima delle proprietà meccaniche dei materiali incontrati, da approfondire nelle fasi successive di progettazione mediante una campagna di indagini geotecniche a mare e prove di laboratorio sui materiali prelevati.

2 Documenti di riferimento.

- [1] Rossi D. (1969): "Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000, Fogli 203, Brindisi, e 204, Lecce e loro Note Illustrative";
- [2] Cianafri N. et al. (1983): "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n.515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- [3] AA.VV. (1999): "Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture", Società Geologica Italiana.
- [4] Ortolani F. e Pagliuca S. (1987): "Tettonica trasgressiva nel Gargano e rapporti con le catene Appenninica e Dinarica"; Mem. Soc. Geol. It., 38(1987), 205-224.
- [5] Mazzotti A, Patacca E. & Scandone P. (2007): "Results of CROP Project, Sub-Project CROP-04, Southern Appennines", Boll. Soc. It, special issue n.7, April 2007.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il "Parco Eolico" in progetto è localizzato nel settore centro meridionale del Mar Adriatico, al largo del tratto di costa, a sud di Brindisi, compreso tra gli abitati di S.Pietro Venotico e Squinzano. La corografia dell'area è riportata in Figura 1.

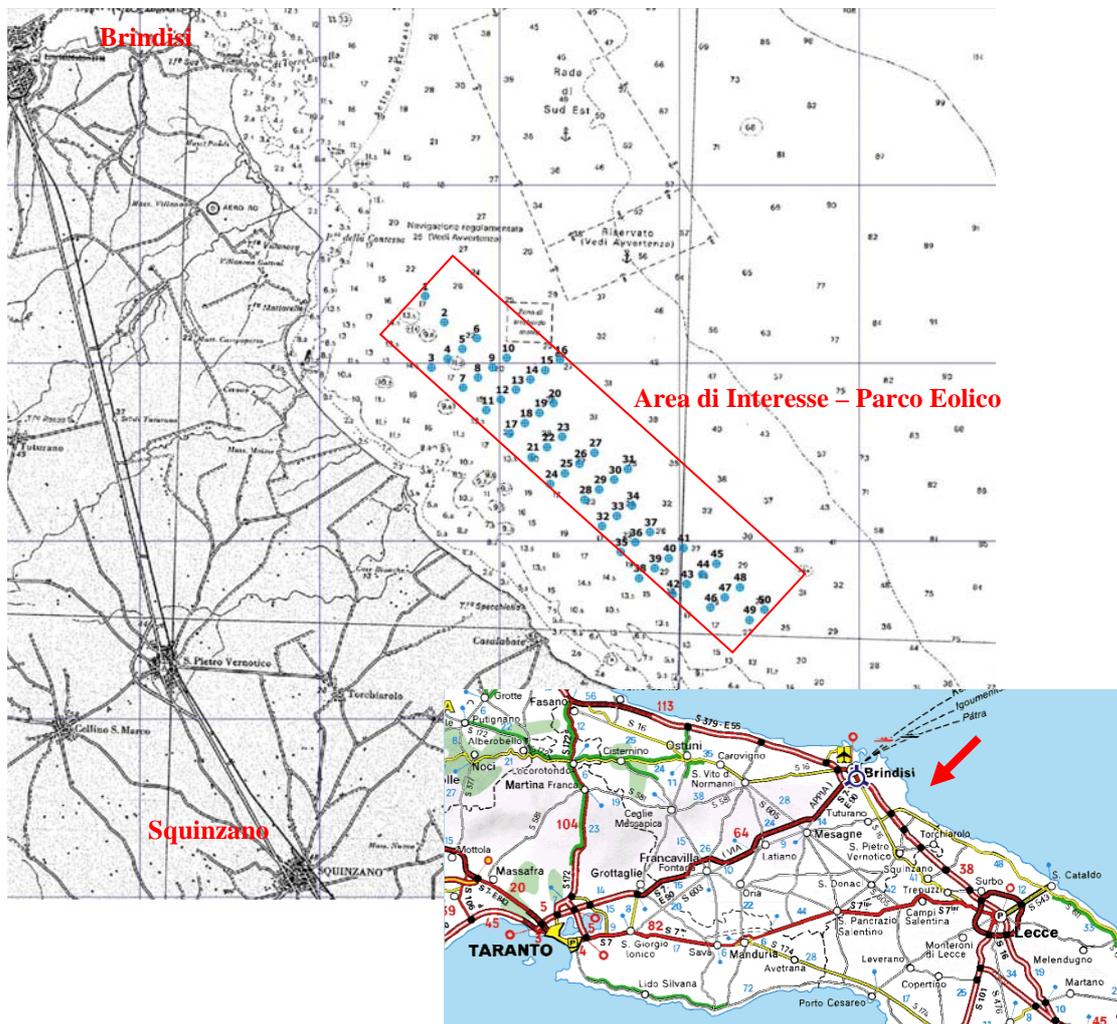


Figura 1: Corografia dell'area di interesse e sua localizzazione geografica.

4 Inquadramento Tettonico Regionale.

Nel territorio pugliese si distinguono tre differenti domini strutturali del sistema geodinamico che, durante il Neogene, hanno condotto alla definizione della catena appenninica (a ovest) e di quella dinarica (a est):

- Il tratto frontale della catena appenninica corrugata, identificabile oggi nei Monti della Daunia;
- L'avanfossa Appenninica, colmata dai depositi plio-pleistocenici, identificabile oggi con la Fossa Bradanica, con il Tavoliere delle Puglie e con la Penisola Salentina;
- Il dominio di Avampaese apulo, rappresentato dalle successioni carbonatiche mesozoico-paleogeniche e corrispondente all'area garganica e delle Murge.

In Figura 2 è indicata la posizione geografica dei domini strutturali descritti.

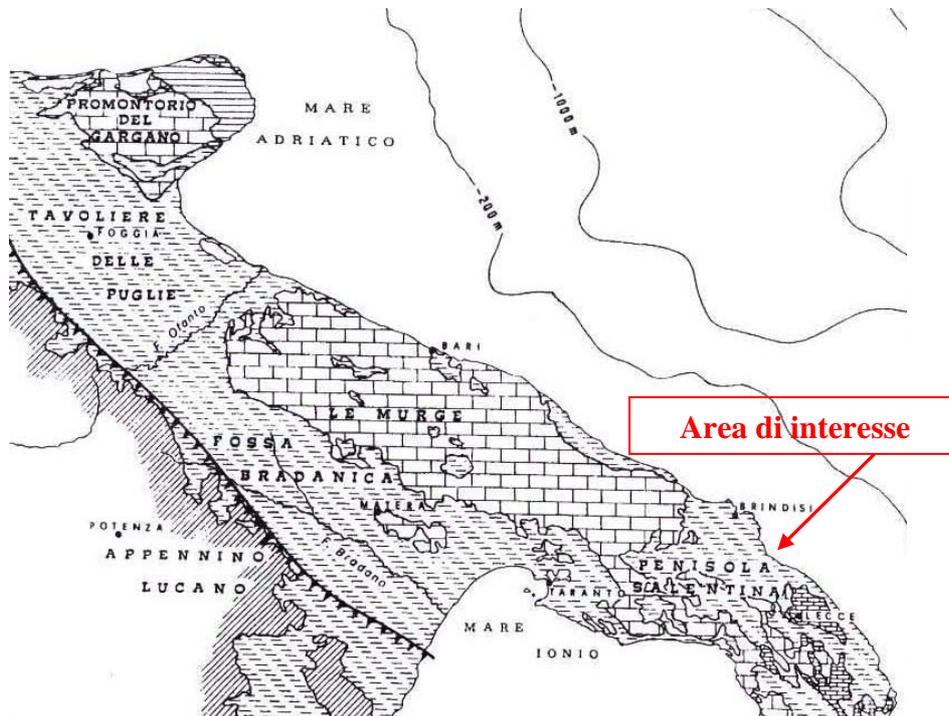


Figura 2: ubicazione dei principali domini strutturali in territorio pugliese, [3].

L'area di interesse si colloca nel contesto di Avanfossa Appenninica, colmata dai depositi plio-pleistocenici, della Penisola Salentina.

A partire dal Miocene medio il settore crostale pugliese venne interessato dal regime compressionale dell'orogenesi appenninico-dinarica, svolgendo in tale contesto geodinamico il ruolo di avampaese.

Con l'avvento del Pliocene, i settori di catena-avanfossa-avampaese subirono un processo di subsidenza durato fino al Neozoico, con una interruzione dovuta ad una coeva ed ulteriore fase tettonico compressiva (medio pliocenica).

Con il finire della fase medio-pliocenica le spinte tettonogenetiche subirono un netto calo, registrato da un progressivo arresto della subsidenza seguito, alla fine del Pleistocene Inferiore, da un nuovo sollevamento, più marcato sul lato appenninico.

Lo schema presentato in figura 3 ([3], AA.VV., 1999) sintetizza l'assetto strutturale regionale caratteristico del settore pugliese di interesse.

Si riconoscono:

- 1) il fronte della Catena Appenninica e di quella Dinarica (1);
- 2) il sistema principale di faglie trascorrenti, orientate Est Ovest (2);
- 3) il sistema principale di Faglie distensive, secondo due direttrici dominanti NW-SE e NE-SW (3).

Per meglio definire l'assetto strutturale caratteristico dell'area pugliese di interesse, è necessario distinguere il contesto continentale da quello del fondale marino. Infatti i due ambienti (alla cui descrizione sono dedicati i paragrafi successivi), presentano delle caratteristiche stratigrafiche e strutturali marcatamente diverse, anche se legati ad una dinamica regionale comune.

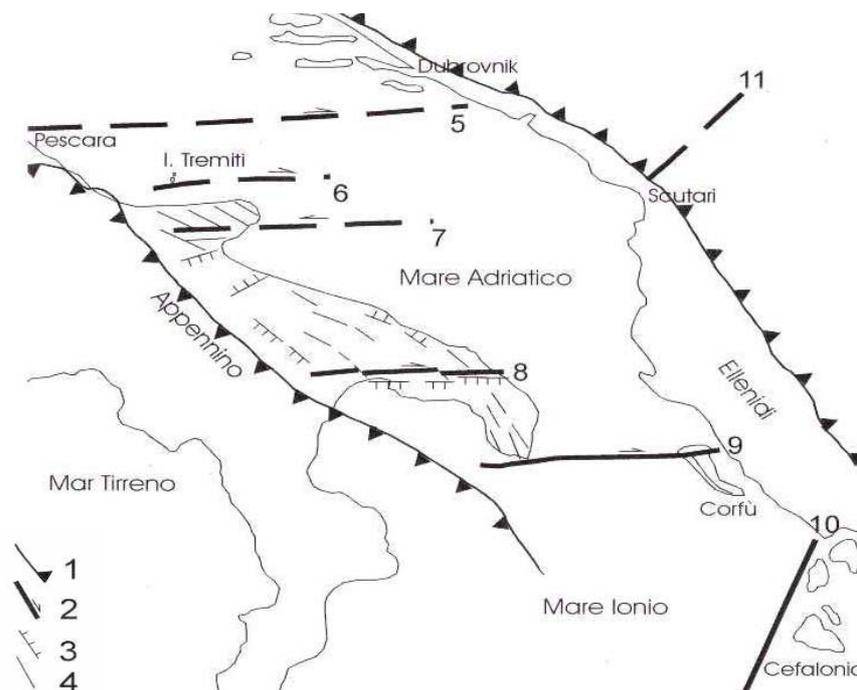


Figura 3: Carta strutturale dell'avampaese apulo. 1) fronte della catena appenninica, a SW, e dinarico ellenica, a NE; 2) principali faglie trascorrenti; 3) principali faglie distensive; 4) altri allineamenti di faglie; 5) faglia Pescara Dubrovnik; 6) faglia delle tremiti; 7) faglia S.Marco in Lamis – Mattinata; 8) faglia nord-salentina; 9) faglia sud salentina; 10) faglia di Cefalonia; 11) faglia di Scutari. Tratta da [3] (AA.VV., 1999).

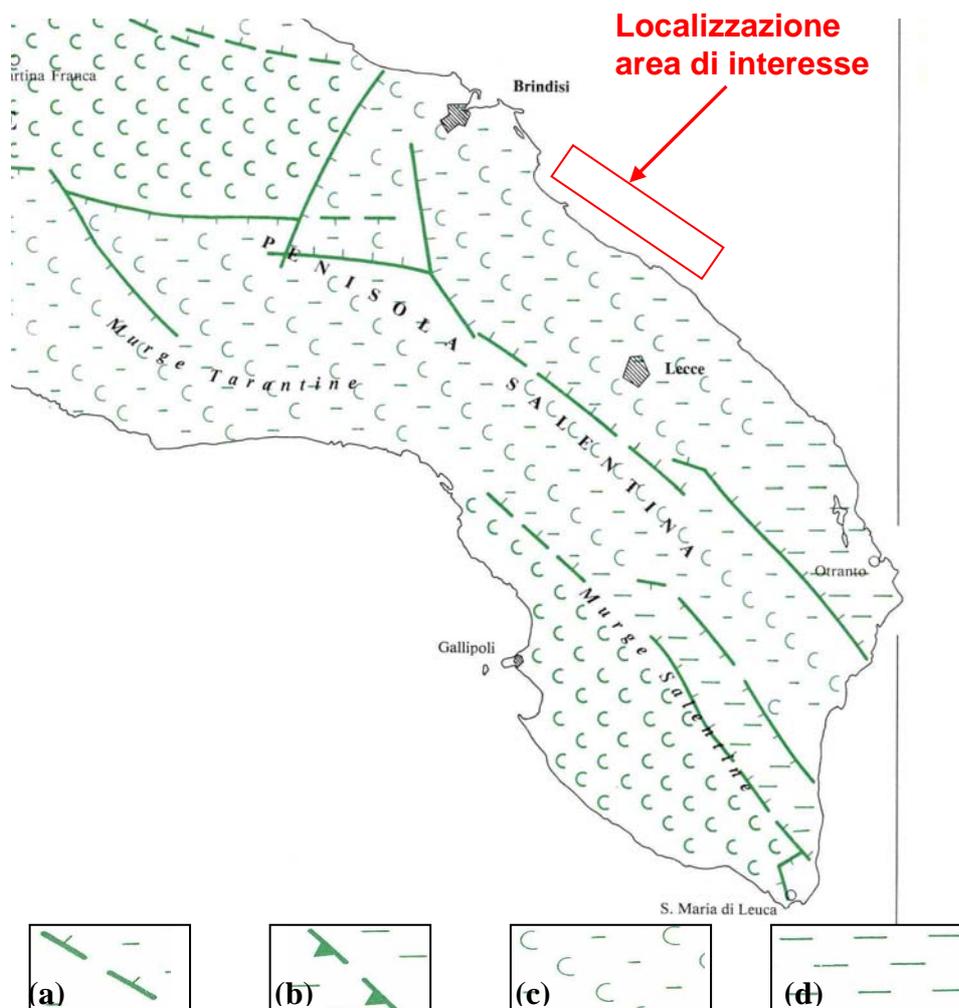
4.1 L'Area Continentale

L'area Salentina di interesse presenta una tettonica ormai non più attiva e comunque di età pre-pliocenica. A conferma di ciò su Rossi D. (1969) si legge: "in superficie non sono state

rilevate faglie, quindi le dislocazioni per faglia o sono quasi del tutto assenti, oppure sono anteriori ai terreni pliocenici e pleistocenici che occupano le zone strutturalmente depresse, ed in tal caso risultano sepolte dagli stessi".

L'assetto strutturale dell'area continentale Salentina può essere descritto sulla base di quanto riportato dalla "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale" (Cianafri et al., 1983), presentata nello stralcio di Figura 4. In tale carta, la porzione di costa a sud di Brindisi viene indicata come "area probabilmente stabile", con possibile tendenza a lento abbassamento (c in Figura 4). La tendenza all'abbassamento sembra più marcata spostandosi verso Sud – Sud-Est, verso Lecce (area d in Figura 4).

Allontanandosi dalla linea di costa e spostandosi verso Ovest, in direzione della catena Appenninica è riconoscibile un sistema di faglie dirette orientate NO-SE, intersecato da un sistema di faglie dirette, orientate ENE-OSO, con rigetti metrici. Tali lineamenti tettonici si collocano comunque in contesti relativamente distanti da quello di interesse che, come evidente in Figura 4, non presenta elementi tettonici attivi.



4.2 Il Fondale Marino

Ad oggi, la caratterizzazione geologico-strutturale del settore sud adriatico in esame risulta ancora poco approfondita per quanto riguarda l'area a mare.

Si può ritenere che, così come in area continentale, anche il settore off shore ubicato al largo della penisola Salentina non presenti evidenze di una tettonica in atto. A conferma di tali ipotesi i numerosi studi presentati in Mazzotti et al. (2007) e finalizzati ad una ricostruzione dell'assetto strutturale dell'area appenninica meridionale, non si soffermano nella descrizione di elementi tettonici di una qualche importanza per il ristretto settore di interesse.

Le previste indagini geofisiche, comunque (vedi Par. 1), permetteranno di confermare le ipotesi fatte.

5 Inquadramento Geologico.

L'assetto geologico e geomorfologico dell'ambiente marino sede del progetto presenta, come detto, caratteristiche proprie, differenti dalla geologia "continentale" del corrispondente tratto di costa. Per completezza viene comunque fornito un inquadramento sintetico della geologia relativa alla fascia di costa, al largo della quale sarà realizzato il parco eolico. I seguenti paragrafi descrivono l'assetto geologico strutturale, rispettivamente, dell'area continentale e del fondale marino.

5.1 L'area continentale

La geologia di questa porzione di costa pugliese risulta piuttosto semplice, essendo caratterizzata dalla costante ed omogenea presenza in affioramento dei depositi sabbioso argillosi plio-pleistocenici (Formazione di Gallipoli).

Al di sotto delle coperture plioceniche e pleistoceniche, la successione stratigrafica caratteristica può essere così sintetizzata, partendo dalla superficie verso il substrato roccioso:

- Formazione di Gallipoli – depositi di terrazzo marino sabbioso-argillosi [Pleistocene Superiore];
- Argille Calabriere – argille grigio scure con occasionali orizzonti limoso sabbiosi [Pleistocene Inferiore];
- Calcareni di Gravina – calcareniti e biocalcareni bianche [Pleistocene Inferiore];
- Dolomie di Galatina – substrato roccioso dolomitico [Cretacico Medio Inferiore].

Nello stralcio della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 riportato in Figura 5, affiorano, nel tratto di costa compreso tra Brindisi e Squinzano, le seguenti unità stratigrafiche:

- de)** *Depositi principali eluviali e di terra rossa:* tali orizzonti di alterazione mantellano in lembi la quasi totalità del settore salentino di interesse, sviluppandosi su spessori comunque ridotti. [Olocene].
- S)** *Sabbie, argille sabbiose e limi lagunari –palustri recenti:* sono presenti in lembi più o meno estesi, ma sempre di spessore del tutto marginale. Sono costituiti da ripetute intercalazioni di sabbie prevalentemente calcaree, saie argillose, argille sabbiose e limi. [Olocene].
- Q¹_s Q¹_c)** *Formazione di Gallipoli:* sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati centimetrici, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-

azzurro (Q^1_s), con intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q^1_c - PANCHINA). [Pleistocene Superiore].

$Q^1 - P^3$) *Calcareniti del Salento*: sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di PANCHINA; talora passanti a sabbie argillose grigio - azzurre. [Pliocene Superiore].

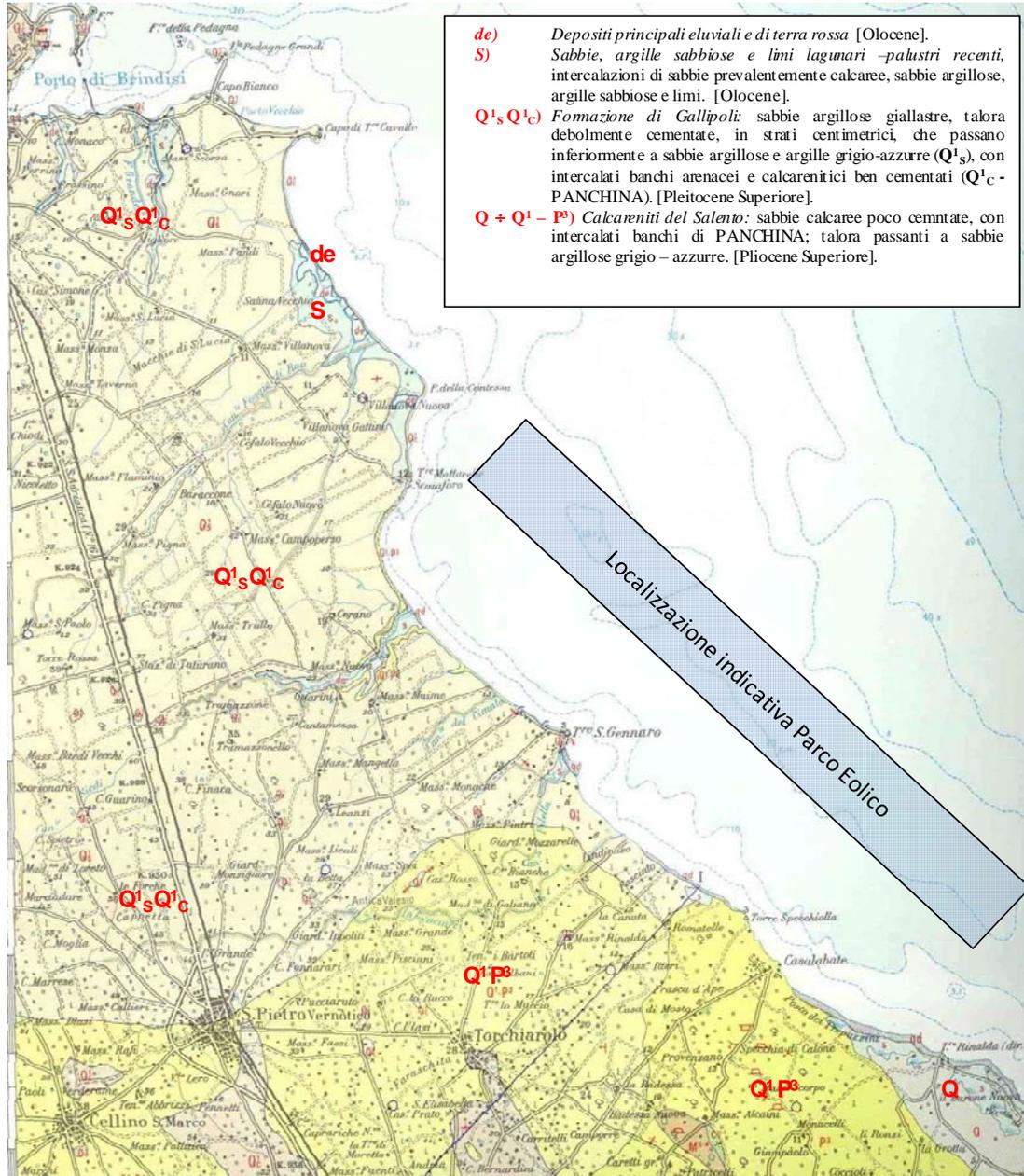


Figura 5: stralcio della carta geologica di Italia, scala originale 1:100.000, foglio 204 Lecce.

5.2 Il fondale marino

Il parco eolico, pur essendo ubicato off-shore, si colloca in una porzione di mare relativamente vicina alla linea di costa. Non si può escludere che i sedimenti che ne costituiscono il fondale abbiano una genesi almeno in parte di natura continentale. Infatti, l'estesa piana alluvionale che caratterizza l'intera penisola Salentina, può aver raggiunto il sito in esame in epoche più o meno recenti, in occasione di evidenti episodi regressivi del livello marino. Tali sedimenti di probabile origine continentale hanno potenza non quantificabile con i dati ad oggi in possesso.

La successione stratigrafica caratteristica dei fondali marini nel settore pugliese di interesse per il progetto è caratterizzata da un elevato spessore di depositi fini pliocenico-quadernari, posti direttamente a contatto con il sottostante substrato Cretacico (a prevalenza calcareo dolomitico).

In zone off shore limitrofe all'area di interesse, con particolare riferimento all'area portuale di Brindisi, sono state eseguite diverse indagini dirette (sondaggi), sulla base delle cui risultanze è possibile ipotizzare per l'area off shore che ospiterà il parco eolico in oggetto, la successione stratigrafica descritta nel paragrafo seguente a partire dal fondale, da considerarsi comunque puramente indicativa.

5.3 Caratterizzazione stratigrafica preliminare dell'area offshore di interesse

Non si hanno a disposizione indagini o prove direttamente eseguite in corrispondenza dei terreni che ospiteranno le previste strutture. Allo stato attuale delle conoscenze, si è quindi deciso di rifarsi ai dati forniti dalla Carta Geologica d'Italia, sulla base della quale, per l'area in esame, è possibile prospettare la seguente sequenza stratigrafica (a partire dal fondale):

- la relativa vicinanza alla costa, unita alla presenza di alcuni corsi d'acqua che sfociano lungo il litorale, suggerisce la possibile presenza di depositi olocenici di origine alluvionale e di fondale, ossia teneri/sciolti (sabbie ghiaiose e/o limoso-argillose). Sulla base della batimetria si ritiene che, complessivamente, i depositi in questione possano raggiungere, nell'area a mare in oggetto, uno spessore dell'ordine di 5-10 m;
- sabbie calcaree, anche cementate, appartenenti alla Formazione di Gallipoli con la presenza di intercalazioni costituite da calcareniti cementate dominanti (Panchina); non è possibile allo stato attuale delle conoscenze pronunciarsi sullo spessore di tali depositi;
- argille Calabriane, limoso-sabbiose nella parte più superficiale (dell'ordine di qualche decina di metri) di e poi più francamente argillose, fino ad una profondità di 80-100 m.
- substrato calcareo Dolomitico (Dolomie di Galatina), posto a profondità non di interesse progettuale (oltre 100 m dal fondale).

Tali ipotesi di successione stratigrafica rimangono da verificare attraverso l'esecuzione delle necessarie indagini in programma.

6 Caratterizzazione geotecnica preliminare.

In assenza di dati, i principali parametri geotecnici possono essere preliminarmente definiti sulla base della natura geologica dei terreni prima individuati.

Per calcoli di predimensionamento, si potranno assumere i seguenti parametri geotecnici di tentativo:

Sedimenti superficiali:

se di natura argillosa:

- $\gamma = 16-17 \text{ kN/m}^3$ peso di volume
- $c_u = 0.22 \sigma'_v$, con un valore minimo di 5 kPa, essendo σ'_v la tensione verticale efficace; resistenza al taglio non drenata

se di natura sabbiosa:

- $\gamma = 16-17 \text{ kN/m}^3$ peso di volume
- $\phi' = 30^\circ-32^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $k_h = 8000 \text{ kN/m}^3$ modulo di reazione iniziale per il calcolo dei pali soggetti a carico orizzontale

Sabbie (cementate) – Formazione di Gallipoli

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume
- $\phi' = 35^\circ \div 38^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $k_h = 15000 \text{ kN/m}^3$ modulo di reazione iniziale per il calcolo dei pali soggetti a carico orizzontale

Argille di base

- $\gamma = 18-19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume
- $c_u = 200 \text{ kPa}$ resistenza al taglio non drenata-

7 Inquadramento sismico dell'area

Scopo del presente paragrafo è fornire un inquadramento generale sulla classificazione sismica della porzione di territorio di interesse, come disposto dalla seguente normativa in vigore:

- Ordinanza 20/03/2003 n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Gazzetta ufficiale 08/05/2003 n. 105.
- Ordinanza 02/10/2003 n. 3316, Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, 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». Gazzetta ufficiale 10/10/2003 n. 236.
- Decreto 21/10/2003, Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, 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». Gazzetta ufficiale 29/10/2003 n. 252.
- Ordinanza 03/05/2005 n. 3431, Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, 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». (proroga di tre mesi della ordinanza 3274). Gazzetta ufficiale 10/05/2005 n. 107
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006), Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. Gazzetta Ufficiale n.108 del 11/05/2006).
- Deliberazione della Giunta Regionale n.153 (2/3/2004), L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi.
- Norme Tecniche per le Costruzioni, bozza del 24 aprile 2007.

I comuni affacciati sul litorale prospettante la zona del Parco Eolico in progetto risultano classificati secondo la Del. Giunta Regionale n.153 del 2/3/2004 in Zona Sismica 4, con una accelerazione di riferimento su suolo rigido (periodi di ritorno $T_R = 475$ anni) pari a 0.05g. Tale valore, oltreché il più basso previsto dalle norme, risulta ulteriormente cautelativo, tenuto conto

delle risultanze dello Studio di Pericolosità Sismica per il territorio italiano emanato in Allegato 1b all'ordinanza della PCM n. 3519 del 28/4/2006 (quindi più recente rispetto alla Delibera Regionale). Infatti, sulla base della mappa di pericolosità sismica aggiornata (della quale viene riportato uno stralcio in Figura 6, tratto da <http://esse1.mi.ingv.it/>, sito del Progetto S1 per il completamento e gestione della mappa di pericolosità sismica), l'accelerazione di riferimento su suolo rigido per l'area oggetto dell'intervento risulta inferiore a 0.025g, sempre per un periodo di ritorno pari a 475 anni.

A riguardo della caratterizzazione stratigrafica, in base alle considerazioni geologiche e geotecniche espresse nei capitoli precedenti, l'intervento si localizzerà verosimilmente in un sito di tipo C (fattore di sito $S=1.25$), classificazione da verificarsi a valle dell'esecuzione delle indagini geofisiche in programma.

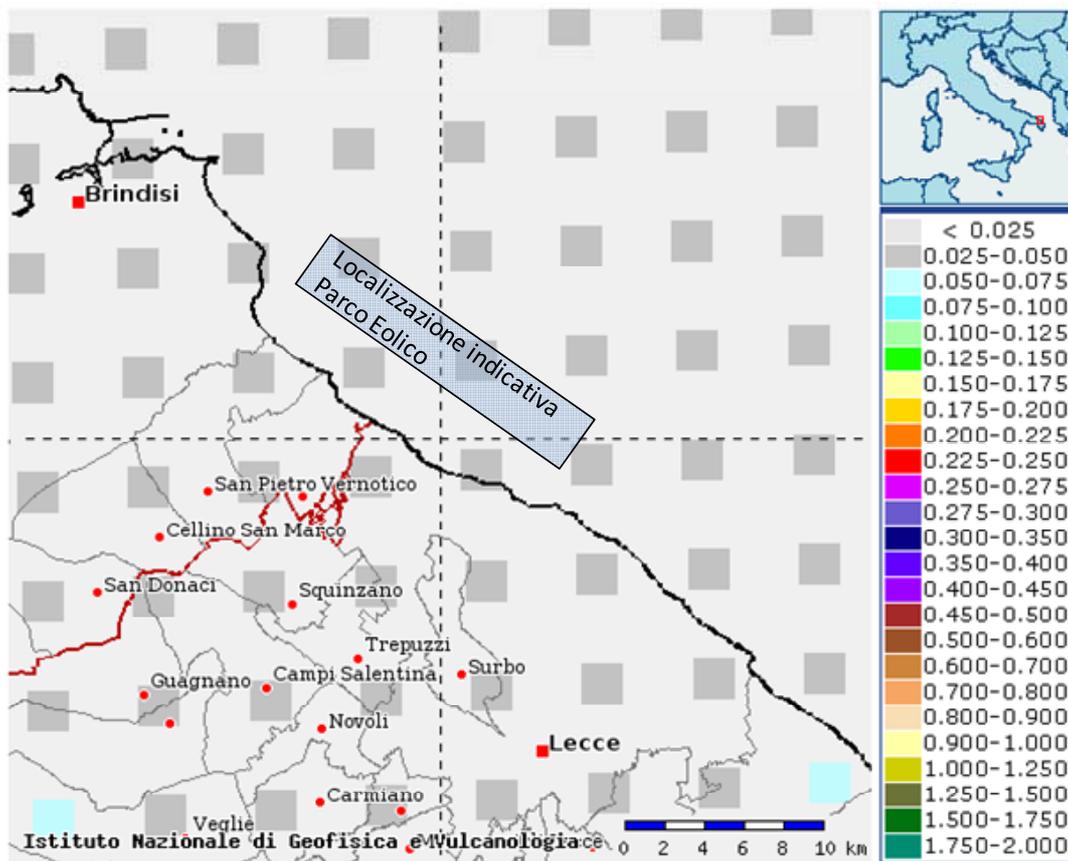


Figura 6: estratto di interesse della Mappa di Pericolosità Sismica, Allegato 1B alla Ordinanza PCM n.3519 del 28/4/2007 (elaborazione da <http://esse1.mi.ingv.it/>). Accelerazione di riferimento su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Periodi di ritorno pari a 475 anni).