

REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI FORENZA E
PALAZZO SAN GERVASIO



Denominazione impianto:

FORENZA E PALAZZO SAN GERVASIO

Ubicazione:

**Comune di Forenza (PZ) e
Palazzo San Gervasio (PZ)**

Foglio: vari

Particelle: varie

PROGETTO DEFINITIVO

di un parco eolico della potenza complessiva pari a 33,6 MW, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicarsi in agro dei comuni di Forenza (PZ), Palazzo San Gervasio (PZ), Maschito (PZ), Venosa (PZ) e Montemilone (PZ).

PROPONENTE



FORENZA WIND SRL
Sede Legale: Corso Italia n. 27 - 39100 Bolzano (BZ)
Partita IVA: 03107070215
pec:forenazawind@emsmail.it

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

Tav. n° A.2.

Aggiornamenti	N	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Febbraio 2022	Istanza per l'avvio del procedimento di VIA nell'ambito del provvedimento unico in materia ambientale ai sensi dell'Art. 27 del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.			

PROGETTAZIONE

Dott. Ing. SAVERIO GRAMEGNA
Via CADUTI DI NASSIRIA, 179
70022 - ALTAMURA (BA)
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443
PEC: saverio.gramegna@ingpec.it
Cell: 3286812690



progettista:
[Signature]



Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Studio Tecnico Geologia, Energia & Ambiente
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562



Antonietta Cilumbriello

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

Indice

- 1. PREMESSA.....	- 2 -
- 2. UBICAZIONE GEOGRAFICA E VINCOLI NORMATIVI.....	- 3 -
- 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	- 4 -
- 4. GEOMORFOLOGIA, STRATIGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO	- 5 -
4.1 STRATIGRAFIA E CARATTERI GEOTECNICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	- 5 -
4.2 GEOMORFOLOGIA.....	- 7 -
4.3 IDROGEOLOGIA	- 8 -
- 5. SISMICITA' DELL'AREA E QUADRO SISMOTETTONICO	- 8 -
5.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E PARAMETRI SISMICI	- 11 -
- 6. CONCLUSIONI	- 14 -
- BIBLIOGRAFIA	- 16 -

- 1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla società FORENZA WIND S.R.L. la scrivente, Dr Antonietta CILUMBRIELLO (iscritto all'Ordine dei Geologi di Basilicata al n. 452), ha eseguito lo studio geologico a supporto del progetto per la realizzazione di un Parco Eolico della potenza complessiva pari a 33,6 MW, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicarsi in agro dei comuni di Forenza (PZ), Palazzo San Gervasio (PZ), Maschito (PZ), Venosa (PZ) e Montemilone (PZ).

L'elaborato è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente:

- **legge n. 64/74;**
- **L.R. n. 38/97;**
- **N.T.C. D.M. 17/01/18.**

Lo studio è stato realizzato principalmente attraverso l'acquisizione e l'interpretazione di dati stratigrafici, geotecnici e sismici pregressi.

In dettaglio, il lavoro ha previsto le seguenti fasi:

- raccolta bibliografica degli studi geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area e rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio di un areale significativo intorno alla zona di interesse.;
- identificazione di eventuali vincoli presenti nell'area;
- studio della sismicità;
- ricerca bibliografica su eventuali campagne di indagini geognostiche e sismiche esistenti. Nello specifico, la stratigrafia del sito in esame e le caratteristiche geotecniche del sottosuolo dell'area sono state ricostruite con l'ausilio e l'analisi stratigrafica dei depositi di diverse sezioni stratigrafiche naturali e artificiali ubicati nei pressi dell'area di progetto, integrate dai dati di sottosuolo provenienti da numerosi sondaggi geognostici realizzati per la ricerca di acqua sotterranea. Inoltre, la consultazione di una campagna di indagini sismiche pregresse eseguite in un'analoga situazione stratigrafica ha consentito di ricavare il profilo di Vs dell'area interessata alla realizzazione del progetto. La correlazione stratigrafica dei dati geognostici con il rilevamento di terreno ha consentito di ricostruire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del terreno di fondazione e le unità litostratigrafiche che costituiscono il piano di sedime dell'opera di progetto. Inoltre, l'analisi multitemporale di cartografia storica, fotoaeree e ortofoto acquisite negli ultimi anni, hanno consentito di valutare la stabilità del versante e l'eventuale presenza e l'evoluzione di eventuali dissesti presenti nell'area;
- definizione dello schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea ed identificazione delle caratteristiche di permeabilità dei complessi idrogeologici riconosciuti;

- elaborazione dei dati raccolti, realizzazione della cartografia geologica e geomorfologica e definizione della sezione litotecnica e del modello geologico.

La presente relazione geologica è finalizzata alla descrizione dei seguenti aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici:

- i caratteri geologico-strutturali generali;
- i lineamenti geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali;
- la successione stratigrafica locale;
- lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- l'analisi della sismicità e del quadro sismotettonico dell'area e ricostruzione di un modello sismostratigrafico utile all'individuazione della risposta sismica locale del sito;
- il modello geologico e geotecnico del sottosuolo e l'eventuale presenza di variazioni laterali e verticali delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni;

Lo studio geologico ha come obiettivo finale quello di fornire i dati utili alla definizione di una soluzione progettuale relativa al tipo e alla profondità delle fondazioni della struttura di progetto adeguata alle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito e si compone dei seguenti allegati:

- All. A.12.a.7 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
- All. A.12.a.8 - CARTA GEOLOGICA
- All. A.12.a.9 - CARTA GEOMORFOLOGICA
- All. A.12.a.10 - CARTA IDROGEOLOGICA
- All. A.12.a.11 - SEZIONE GEOLOGICA E MODELLO GEOLOGICO-TECNICO
- All. A.12.a.12 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA

- 2. UBICAZIONE GEOGRAFICA E VINCOLI NORMATIVI

L'area di studio è ubicata in agro dei comuni di Forenza (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ) mentre le infrastrutture indispensabili sono ubicate oltre che nei comuni di Forenza e Palazzo San Gervasio anche nei comuni di Maschito (PZ), Venosa (PZ) e Montemilone (PZ). L'analisi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (AdB) della Regione Puglia (All. A.12.a.12) evidenzia che le aree sulle quali insisterà il parco eolico e delle opere connesse non è sottoposta a vincoli di natura idrogeologica.

- 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame è ubicata nell'avanfossa della catena sudappenninica ("Fossa bradanica", Tropeano *et al.*, 2002, e bibliografia contenuta), un bacino di sedimentazione plio-pleistocenico compreso tra la catena appenninica meridionale ad ovest e l'avampaese apulo ad est. Il margine appenninico (fronte della catena) è costituito da una serie di successioni (Formazione dei Galestri, Flysch Rosso, Argille varicolori, Flysch Numidico, Unità di Serra Palazzo e Unità della Daunia) strutturate secondo un ventaglio imbricato (Pescatore *et al.*, 1999 e bibliografia contenuta). I terreni più antichi sono costituiti dalle successioni, appartenenti alle Unità Lagonegresi, della Formazione dei Galestri, del Flysch Rosso e delle Argille varicolori. La Formazione dei Galestri (Cretacico inferiore) è caratterizzata da una monotona alternanza di calcari, marne silicee e peliti, seguita da flussi gravitativi calcareo-clastici alternati a marne e argille rosse (Flysch Rosso, Cretacico superiore-Eocene) e da una successione molto caotica a prevalente componente argillosa (Argille varicolori). La prosecuzione stratigrafica della successione pelagica Lagonegrese è rappresentata dai depositi del bacino Numidico di età Oligocene superiore-Miocene inferiore (Pescatore *et al.*, 1999) che in questo settore della catena sono rappresentati dal solo Flysch Numidico.

I depositi della Fossa bradanica costituiscono una potente successione plio-pleistocenica spessa 3-4 km (Tropeano *et al.*, 2002, e bibliografia contenuta). Le parti affioranti della successione, costituite da depositi di mare basso, sono rappresentate dalla Formazione delle calcareniti di Gravina, un deposito clastico carbonatico che ricopre in discordanza le successioni carbonatiche dell'avampaese, su cui poggia la Formazione delle Argille subappennine. Il margine appenninico della Fossa bradanica, conosciuto in gran parte grazie a dati di pozzo, è caratterizzato da un approfondimento del bacino; infatti, la Formazione delle Argille subappennine poggia su depositi torbiditici di mare profondo potenti 2000 metri che verso il basso passano ad argille marnose (emipelagiti). I depositi siltoso-argillosi grigio-azzurri delle argille subappennine sono ricoperti da placche di depositi di ambiente di transizione e continentali (Sabbie di Monte Marano e Conglomerati di Irsina), riconducibili alla progressiva emersione del sistema di avanfossa iniziata nel Pleistocene inferiore (Tropeano *et al.*, 2002). Nel complesso la parte alta della successione dell'avanfossa Bradanica è rappresentata da sequenze deposizionali regressive di spessore limitato, riconducibili a sistemi di transizione (spiaggia, delta) e continentali (fluviali). Tali terreni sono noti in letteratura come Sabbie di Monte Marano; Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsina (Tropeano *et al.*, 2002 e bibliografia contenuta) e formano ampi pianori suborizzontali terrazzati dall'approfondimento medio-supra pleistocenico del reticolo idrografico. Tale risposta geomorfologica è la conseguenza del sollevamento tettonico e dell'attività di faglie ad alto angolo che ha interessato questo settore dal Pleistocene inferiore-medio (Schiattarella *et al.*, 2006) e che ha anche determinato la genesi del bacino endoreico di Venosa (Martino & Schiattarella, 2010), riempito da depositi fluvio-lacustri epiclastici di età medioplei-

stocenica.

Nell'area di progetto affiorano i seguenti litotipi: i) conglomerati poligenici attribuibili alla successione, del Pleistocene inferiore-medio, nota nella letteratura classica come Conglomerati di Irsina e che secondo i nuovi rilevamenti geologici per la redazione dei nuovi Fogli al 50.000 sono riferiti al Sintema di Palazzo San Gervasio; ii) sabbie giallo-ocra con intercalazioni di lenti ghiaiose riferibili alla formazione delle Sabbie di Monte Marano/formazione di Monte San Marco, secondo i nuovi rilevamenti geologici, che verso il basso passano a depositi limosi e limoso-argilloso di colore grigio-azzurro. Questi ultimi sono riferibili alla formazione delle argille subappennine.

- 4. GEOMORFOLOGIA, STRATIGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

4.1 STRATIGRAFIA E CARATTERI GEOTECNICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Il rilevamento geologico eseguito in un'areale più esteso rispetto al sito in esame e l'integrazione dei dati geognostici provenienti dall'analisi stratigrafica di un pozzo con stratigrafia da archivio nazionale delle indagini del sottosuolo dell'ISPRA (ubicazione dell'indagine nell'All. A.12.a.7) hanno consentito di ricostruire, per una profondità di circa 50 m, la stratigrafia del terreno d'imposta del parco eolico. L'area interessata dal progetto è interpretabile come un terrazzo erosionale impostato sul top di conglomerati poligenici attribuibili alla successione del Pleistocene inferiore-medio, nota in letteratura come Conglomerati di Irsina/Sintema di Palazzo San Gervasio. Essi mostrano un buon grado di addensamento, un assetto da massivo a clasto-sostenuto e una stratificazione sub-orizzontale; è presente un'abbondante matrice sabbiosa arrossata, e lateralmente presenta passaggi per eteropia di facies a sabbie e sabbie limoso-argillose che sono riferibili alla formazione delle Sabbie dello Staturo.

Relativamente al cavidotto che collega il parco eolico con la stazione elettrica Terna, si osserva che anche lo stesso si sviluppa quasi completamente nell'ambito dei depositi ghiaioso-conglomeratici riferibili al Conglomerato di Irsina/Sintema di Palazzo San Gervasio, e per un piccolo tratto nei depositi di natura vulcanica, sabbioso-conglomeratici riferibili al Sintema di Barile.

In sintesi, la stratigrafia del sito in esame è, dall'alto verso il basso, la seguente:

- circa 50 m di conglomerati poligenici da poco a mediamente addensati (unità litotecnica A, All. A.12.a.11). I clasti si presentano subarrotondati, hanno dimensioni variabili, da alcuni centimetri ad alcuni decimetri e sono costituiti da arenarie, calcareniti e calcilutiti riconducibili a successioni flyscioide. La matrice è arenitica e con elementi quarzosi e calcarei. Tali depositi si presentano mal stratificati e con un assetto geometrico sub-orizzontale. Questi depositi pas-

sano lateralmente, in genere per eteropia di facies a depositi fini, rappresentati da sabbie e limi-sabbiosi giallastri. Poggiano in genere in erosione su depositi sabbiosi e sabbioso-arenacei (unità litotecnica B, All. A.12.a.11) e, ancora più in profondità, a depositi limosi e limoso-argilloso di colore grigio azzurro. I conglomerati poligenici sono a loro volta ricoperti da una sottile coltre di terreno vegetale.

Relativamente al cavidotto nel tratto in cui attraversa i depositi del sistema di Barile, la successione è data da:

- circa 25/30 m di sabbie-conglomeratiche con intercalazioni di strati vulcanici costituiti da lapilli e ceneri che poggiano su circa 25 m di depositi prevalentemente sabbiosi riferibili alla formazione di Monte San Marco.

La caratterizzazione geotecnica dei depositi che caratterizzano il sottosuolo di progetto è stata effettuata sulla base dei risultati di prove pregresse di caratterizzazione geotecnica e geomeccanica dei depositi affioranti nell'area (si veda ad esempio, Carbone & Tucci, 2008; Fig. 1b).

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei conglomerati poligenici, l'impossibilità di prelevare campioni indisturbati *in situ* o durante l'esecuzione di sondaggi geognostici rende difficile la loro caratterizzazione geotecnica. Indagini geomeccaniche tramite prove sclerometriche *in situ* realizzate con un martello di Schmidt di tipo L in sezioni stratigrafiche ubicate nei pressi dell'area di progetto hanno fornito valori medi dell'indice di rimbalzo pari a 45. La correlazione (Aydin & Basu, 2005; Saptano et al., 2013) tra l'indice di rimbalzo ricavato dalle misure sclerometriche e la resistenza a compressione uniassiale dei conglomerati e valutazioni delle caratteristiche meccaniche tramite la metodologia di Bieniawsky (1989) indicano valori di angolo di resistenza al taglio maggiori di 35°. Ulteriori indagini geomeccaniche basate su prove di Point Load Test (Carbone & Tucci, 2008) sui conglomerati poligenici hanno fornito una resistenza a compressione uniassiale media di 213 kg/cm²; l'insieme di questi dati e valutazioni quantitative basate sul criterio di Hoek et al. (2002) permettono di confermare i parametri geotecnici ricavati dal numero di colpi equivalenti delle sabbie ghiaiose addensate.

In base a tali correlazioni empiriche estrapolate in maniera cautelativa e conservativa, si possono considerare i seguenti parametri geotecnici della tabella 1 per le unità litotecniche ricostruite per l'area di interesse (All.A.12.a.11).

Unità litotecniche: Conglomerati poligenici da moderatamente a ben addensati con rare intercalazioni di sottili livelli di sabbie medie (spessore 40/50 m circa) (Unità A); Sabbie sciolte con livelli cementati (spessore 25 m) (Unità B).

A	$\gamma = 2,2 \text{ g cm}^3$ $c' = 0,1 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 29^\circ$	$21,5 \text{ kN/m}^3$ $9,8 \text{ kN/m}^2$	Peso di volume naturale Coesione drenata Angolo di attrito interno efficace
B	$\gamma = 1,9 \text{ g/cm}^3$ $c' = 0,15 \text{ kg/cm}^2$ $\phi' = 32^\circ$	$21,5 \text{ kN/m}^3$ $15,0 \text{ kN/m}^2$	Peso di volume naturale Coesione drenata Angolo di attrito interno efficace

Tab. 1 – Parametri geotecnici delle unità litotecniche ricostruite.

4.2 GEOMORFOLOGIA

Il sollevamento tettonico dell'avanfossa bradanica ha determinato il terrazzamento dell'ampia pianura costiera infra-medio pleistocenica, i cui relitti sono oggi rappresentati dall'ampio terrazzo dislocato a diverse altezze a causa dello sviluppo, dal Pleistocene inferiore, di faglie ad alto angolo ad andamento NW-SE (associate in una struttura a gradinata), SO-NE e N-S.

Attualmente, questi terrazzi pleistocenici sono solcati, specialmente nella parte a ridosso della catena appenninica, da profonde e larghe incisioni dovute all'azione erosiva e all'incisione dei corsi d'acqua a recapito adriatico.

La conformazione orografica dell'area di sedime dell'impianto eolico, ubicata sul top del terrazzo erosionale in conglomerati, fa rientrare il sito di interesse nella categoria topografica T1 (< 15°, ai sensi del D.M. 14/01/2008). Le modeste pendenze del sito e le osservazioni geomorfologiche più dettagliate basate sullo studio di foto aeree e di aereofotogrammetrie (Volo IGM del 1990 a scala 1:33000; Ortofoto AGEA del 2008 a scala 1:5000; Carta Geologica d'Italia dell'I.G.M. in scala 1:25.000) e sul rilevamento di campagna consentono di appurare che il sito in studio, allo stato attuale, non è interessato da fenomeni di dissesto in atto. Dalla consultazione del sito dell'Autorità dei Bacini regionale della Puglia e della Basilicata, poiché si tratta di un'area a cavallo dei due distretti, si può notare che il sito si ubica al di fuori di quelle che sono considerate le aree a rischio e a pericolosità geomorfologica. Ad ulteriore conforto di quanto osservato, si fa notare che la cartografia prodotta per il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani), disponibile per consultazione sul

sito web dell'ISPRA, non evidenzia la presenza di fenomeni di alcun tipo nel sito investigato.

4.3 IDROGEOLOGIA

Nel complesso la situazione stratigrafica dell'area in oggetto è caratterizzata da una successione, dal basso verso l'alto, di: conglomerati, sabbie e sabbie-limose, e argille-limose. In questa sequenza stratigrafica, la successione può essere considerata permeabile nei primi 40/50 m di sottosuolo (All.A.12.a.10) e quindi si può escludere l'assenza di significative falde nei primi metri di sottosuolo. Tuttavia, la presenza di livelli e lenti più fini nei conglomerati e nelle sabbie fluvio-lacustri del Sinterma di Barile, può conferire un certo grado di eterogeneità all'acquifero, con modeste variazioni della permeabilità sia in senso verticale che orizzontale. Tali caratteri idrostratigrafici potrebbero creare, localmente, modeste falde effimere.

Dal punto di vista idrogeologico la successione conglomeratica è caratterizzata da terreni con valori di permeabilità medio con (K) di 10^{-1} - 10^{-2} cm/sec. Aumenti del valore di permeabilità si possono avere nei conglomerati in presenza di fratturazioni. I depositi sabbiosi e sabbioso-limosi presentano caratteristiche di permeabilità variabili con coefficiente medio (K) presunto di 10^{-3} - 10^{-4} cm/sec. Verso il basso, con il passaggio stratigrafico ai depositi argillosi e limi argillosi, il coefficiente medio (K) corrisponde a valori di circa 10^{-9} cm/sec.

5. SISMICITA' DELL'AREA E QUADRO SISMOTETTONICO

Dal punto di vista della sismicità l'area dell'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più importanti d'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza dei terremoti. Le zone maggiormente interessate da eventi sismici sono quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza del fronte della catena appenninica. In un raggio inferiore 40 Km da l'area di progetto ricadono diverse zone sismogenetiche: in particolare vi ricade la zona 927 (Sannio-Irpinia-Basilicata) che rappresenta l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da circa 0,7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale; a meno di 25 Km vi ricade la zona 926 (Basento) mentre a circa di 2 km si ritrova la zona 925 (Ofanto); queste ultime due sono dotate di cinematica trascorrente destra ed orientazione generale circa E-W.

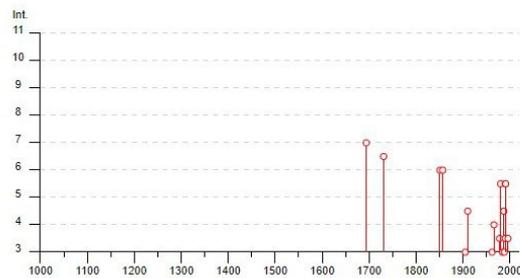
A completamento di questo paragrafo nelle tabelle 2 e 3 si riportano i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall'anno 1000 al 2000 (Fonte INGV DBMI11). Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna "effetti" riporta, in termini di intensità (I_s), quanto forte è stato avvertito il terremoto a Genzano di Lucania e nell'immediato circondario, mentre la colonna *in occasione del terremoto di:* riporta, oltre al toponimo dell'area epicentrale, quanto "forte" è stato il terremoto sia in termini di intensità

sia di magnitudo.

Int.										
7	1694	09	08	11	40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73	
6-7	1731	03	20	03		Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33	
6	1851	08	14	13	20	Vulture	103	10	6.52	
6	1857	12	16	21	15	Basilicata	340	11	7.12	
NF	1899	08	16	00	05	Subappennino dauno	32	6	4.57	
NF	1905	03	14	19	16	Avellinese	94	6-7	4.90	
3	1905	09	08	01	43	Calabria centrale	895	10-11	6.95	
NF	1905	11	26			Irpinia	122	7-8	5.18	
4-5	1910	06	07	02	04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76	
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
2	1930	11	06	21	56	Alta Murgia	16	5	4.41	
NF	1957	05	03	03	29	3	Potentino	36	5	4.09
3	1962	08	21	18	19	Irpinia	562	9	6.15	
NF	1963	02	13	12	45	Potentino	31	7	5.19	
4	1966	07	06	04	24	Alta Murgia	46	4	4.26	
3-4	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
5-6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1984	05	07	17	50	Monti della Meta	911	8	5.86	
NF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
4-5	1987	01	28	05	33	2	Potentino	62	5	4.54
3	1988	04	26	00	53	4	Adriatico centrale	78	5	3.36
NF	1989	05	29	11	19	1	Appennino lucano	77	5	4.34
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375	5	7.77
3-4	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84	4	2.21
5-6	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3-4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
2	1998	04	07	21	36	5	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
NF	1998	04	26	05	38	0	Potentino	67	4-5	3.76
NF	2002	04	18	20	56	4	Appennino lucano	164	5	4.34
NF	2004	02	23	19	48	4	Appennino lucano	107	4-5	3.82
NF	2004	02	24	05	21	2	Appennino lucano	140	5	4.21
NF	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41
2	2006	05	29	02	20	0	Gargano	354	4	6.4

Foreza

PlaceID IT_63026
 Coordinate (lat, lon) 40.859, 15.855
 Comune (ISTAT 2015) Foreza
 Provincia Potenza
 Regione Basilicata
 Numero di eventi riportati 33

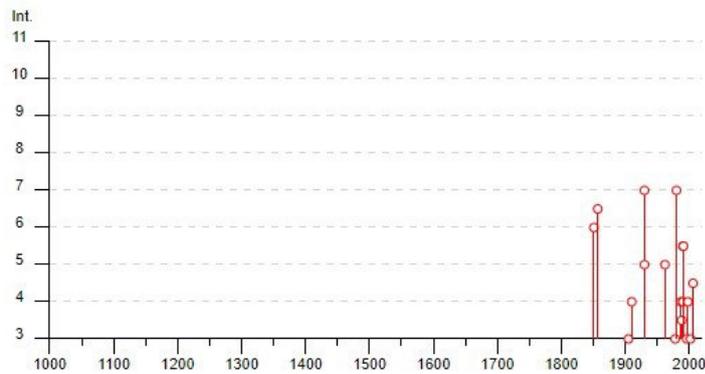


Tab. 2 - Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di Foreza

Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
6-7	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
NF	1893	08	10	20	52		Gargano	69	8	5.39
3	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
4	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
NF	1913	06	28	08	53	0	Calabria settentrionale	151	8	5.64
7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
5	1930	11	06	21	56		Alta Murgia	16	5	4.41
NF	1957	05	03	03	29	3	Potentino	36	5	4.09
5	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
3	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1987	01	28	05	33	2	Potentino	62	5	4.54
3-4	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
NF	1988	04	26	00	53	4	Adriatico centrale	78		5.36
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84		4.21
5-6	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597		7.508
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557		6.4.90
4	1998	04	07	21	36	5	Valle dell'Ofanto	45		5.4.31
NF	1998	04	26	05	38	0	Potentino	67		4-5.3.76
3	2002	04	18	20	56	4	Appennino lucano	164		5.4.34
NF	2004	02	24	05	21	2	Appennino lucano	140		5.4.21
4-5	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

Palazzo San Gervasio

PlaceID IT_63179
Coordinate (lat, lon) 40.930, 15.986
Comune (ISTAT 2015) Palazzo San Gervasio
Provincia Potenza
Regione Basilicata
Numero di eventi riportati 24



Tab. 3 - Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di Palazzo San Gervasio

La definizione dell'azione sismica secondo le Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08; D.M. del 14 gennaio 2008, G.U. n.29 del 04/02/2008) viene effettuata sulla base della Carta della Pericolosità sismica del territorio nazionale (Mappa di Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale dell'INGV, <http://esse1-gis.mi.ingv.it>), espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). La mappa è stata elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 sulla base di uno studio della probabilità che si verifichi un terremoto con intensità pari ad una certa soglia in un determinato intervallo temporale (Stucchi *et al.*, 2011). Sulla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale dell'INGV, l'area di interesse si colloca nella nuova zonazione sismica 2b ed è caratterizzata da un'accelerazione attesa PGA subzona di 0.225 g ed una coppia magnitudo-distanza della sorgente sismogenetica di, rispettivamente 6.3 Mw e 30 Km.

5.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E PARAMETRI SISMICI

In accordo con il D.M. del 17/01/2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", la definizione dell'azione sismica di progetto è effettuata, oltre che sulla base della categoria macrosismica del sito di interesse, anche in base ad uno studio della risposta sismica locale oppure, in alternativa, ad un approccio semplificato della risposta sismica che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo del sito.

Nell'areale di studio, le indagini sismiche pregresse hanno consentito di ricostruire il profilo di $V_{s,eq}$ e quindi di ricavare la classe di suolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato per lo studio dell'azione sismica. La ricostruzione dei profili di velocità delle onde P e S e delle loro variazioni laterali è stata effettuata sulla base dell'interpretazione di una campagna pregressa di indagini sismiche (ubicazione nell'All. A.12.a.7), realizzata in un'area dalle analoghe caratteristiche stratigrafiche rispetto all'area di progetto.

La prospezione sismica di tipo MASW si basa sullo studio delle onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) attraverso un approccio che prevede la generazione di un impulso sismico (metodo attivo). Il metodo attivo prevede la registrazione di onde generate da una sorgente impulsiva, a differenza delle indagini di tipo passivo (prova ESAC o REMI), che registrano il rumore di fondo (microtremori) prodotto da sorgenti naturali (ad es. il vento) ed antropiche (ad es. il traffico e le attività industriali). Tale indagine, finalizzata al calcolo delle $V_{s,eq}$ (valore medio delle velocità delle onde di taglio fino alla profondità del bedrock o nei primi 30 metri se il bedrock sismico si trova al di sotto di tale profondità), è stata impiegata in combinazione con i dati sismici ricavati dalle misure di microtremori a stazione singola per la definizione della classe di suolo di fondazione sulla base dei criteri progettuali in materia antisismica delle NTC del 17 gennaio 2018. La prova MASW si basa sulla misura delle onde superficiali di Rayleigh o di Love lungo uno stendimento sismico co-

stituito da geofoni verticali o orizzontali. In un mezzo stratificato le onde superficiali sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; invece, onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. La proprietà dispersiva delle onde superficiali consente di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s e, in particolare, l'analisi spettrale del segnale registrato consente di produrre un grafico Frequenza/Velocità di Fase (curva di dispersione, Dal Moro, 2012), dal quale, per inversione, si ottiene il profilo verticale delle V_s .

La misura di microtremori a stazione singola è un'indagine di sismica passiva che determina il rapporto tra la componente orizzontale e quella verticale del "rumore" sismico a diverse frequenze (HVSR, Nakamura, 1989). L'indagine sismica ricostruisce, utilizzando una terna di geofoni (due orizzontali e uno verticale) con la medesima risposta/sensibilità in termini di ampiezza, una curva HVSR, la cui robustezza e significatività dal punto di vista statistico è misurata attraverso i ben noti criteri SESAME (Sesame Project, 2000). I criteri SESAME analizzano sia la curva nel suo insieme che il livello di significatività di eventuali picchi. L'analisi delle curve H/V e degli spettri da cui esse derivano (componenti spettrali nelle direzioni N-S, E-O e verticale o spettri di Fourier), consente di ottenere informazioni sui principali contatti sismostratigrafici; i cui picchi di risonanza, rappresentativi dei contrasti di impedenza, indicano il valore di amplificazione espresso dal rapporto H/V (dove H è la componente orizzontale del moto del suolo; V è la componente verticale del moto del suolo; il rapporto H/V rappresenta la funzione di trasferimento della radiazione sismica alla superficie) alle rispettive frequenze. Inoltre, noto il modello del sottosuolo con le relative velocità delle onde sismiche, è possibile ottenere anche informazioni sulla profondità dei contatti sismostratigrafici (Sesame Project, 2000).

La determinazione della $V_{s,eq}$ risulta essere fondamentale per la definizione della categoria dei suoli secondo l'inquadramento della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Il D.M. 17/01/2018 definisce cinque categorie principali di suoli:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2. II delle NTC 2018:

Per la stima del valore di V_{seq} è stata adottata la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove: $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

h_i è lo spessore dell' i -esimo strato

N è il numero di strati compresi tra il piano campagna e la profondità del bedrock sismico (nei primi 30 m se la profondità del bedrock è superiore a tale profondità)

H è la profondità del bedrock sismico e risulta uguale a 30 m se il bedrock è presente al di sotto di tale profondità.

Le analisi di sismica hanno consentito di delineare le caratteristiche sismiche e le velocità delle onde sismiche dei terreni analizzati.

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione dell'indagine sismica MASW ricostruisce una profondità del bedrock sismico superiore ai 30 m.

La velocità media di propagazione delle onde S entro i primi 30 m tenendo conto degli spessori degli strati è pari a: $V_{seq} = 331 \text{ m/s}$. Tale dato permette di classificare il terreno di fondazione, in accordo con la tabella 3.2. II delle NTC 2018, come di tipo **C**.

6. CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella seguente relazione ha fornito un quadro dettagliato delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litotecniche e sismiche dei terreni presenti nell'area di progetto.

Lo studio stratigrafico di dettaglio e l'integrazione con i dati geognostici e geofisici del sito in esame hanno permesso di ricostruire un modello geologico-tecnico costituito dalle seguenti unità litotecniche (cfr. All.A.12.a.11): circa 50 m di conglomerati poligenici da ben addensati a cementati (Unità litotecnica A, All.A.12.a.11). I clasti si presentano subarrotondati, hanno dimensioni che vanno da alcuni centimetri ad alcuni decimetri e sono costituiti da arenarie, calcareniti e calcilutiti riconducibili a successioni flyscioide. La matrice è arenitica e con elementi quarzosi e calcarei. Tali depositi si presentano mal stratificati e con un assetto geometrico sub-orizzontale.

Il rilevamento geomorfologico e dall'analisi multitemporale di cartografia storica, fotoaeree e ortofoto ha consentito di verificare che le aree di ingombro dell'impianto fotovoltaico, non sono interessate, allo stato attuale, da fenomeni di dissesto.

Dalla consultazione del sito dell'Autorità dei Bacini regionale della Puglia e della Basilicata, poiché si tratta di un'area a cavallo dei due distretti, si può notare che il sito si ubica al di fuori di quelle che sono considerate le aree a rischio e a pericolosità geomorfologica. Ad ulteriore conforto di quanto osservato, si fa notare che la cartografia prodotta per il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani), disponibile per consultazione sul sito web dell'ISPRA, non evidenzia la presenza di fenomeni di alcun tipo nel sito investigato (All. A.12.a.12).

Da un punto di vista idrogeologico, le rocce affioranti nell'area, sulla base delle caratteristiche di permeabilità, possono essere definite porose a permeabilità media.

In base all'analisi di un'indagine sismica di tipo MASW effettuata in un'analogia situazione stratigrafica rispetto a quella dell'area di studio, è stato possibile stimare un valore di V_{s30} pari a **331 m/s**, che permette di classificare il **sottosuolo come di tipo C**; mentre la **categoria topografica è T1**.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono state desunte, in questa fase progettuale, da indagini non esaustive. Quindi, nella fase esecutiva del progetto dovranno essere previste specifiche indagini.

Durante l'esecuzione delle opere, il terreno di sedime dovrà essere protetto dall'azione erosiva delle acque superficiali e sotterranee, sia durante le fasi di costruzione che ad opera finita. In particolare, le acque di ruscellamento devono essere regimentate con appositi sistemi di drenaggio superficiale, senza alterare il normale deflusso, al fine di garantirne l'allontanamento ed evitare che siano intercettate dalle opere in questione; le acque di dilavamento dovranno essere controllate con apposite opere di raccolta e smaltimento, così come le strutture interrato devono essere provviste di adeguate sistemazioni idrauliche a tergo. Il materiale di sterro deve essere accuratamente allonta-

nato a discarica ovvero se utilizzato per terrazzamenti, messo in opera per strati non superiori a 30 cm debitamente compattati; eventuali opere di contenimento, devono essere fondate sul substrato non degradato.

In questa fase progettuale, da quanto sopra esposto, si esprime parere favorevole per i settori di propria competenza al progetto di realizzazione dell'impianto eolico, di cui la presente relazione costituisce parte integrante.

Genzano di Lucania, 24/02/2022

Dott.ssa Geologa

Antonietta Cilumbriello



Antonietta Cilumbriello

BIBLIOGRAFIA

BIENIAWSKI Z.T. (1989) – Engineering rock mass classification. John Wiley & Sons.

CARBONE R. & TUCCI M. (2008) – Relazione Geologica. Allegato al Regolamento Urbanistico del Comune di Venosa.

DAL MORO G. (2012) - Onde di superficie in geofisica applicata. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR. D. Flaccovio, Palermo, pp. 191.

DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.

HOEK, E., CARRANZA-TORRES, C. AND CORKUM, B. (2002) Hoek-Brown criterion –2002 edition. Proc. NARMS-TAC Conference, Toronto, 2002, **1**, 267-273.

MARTINO C. & SCHIATTARELLA M. (2010) - Bent and multi-bevelled landscape in the foreland of southern Italy. Rendiconti online della Società Geologica Italiana, 10,, 76-79

NAKAMURA, Y. (1989) – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quarterly Report of Railway Technical Research Inst. (RTRI), 30, 25-33.

PESCATORE T., RENDA P., SCHIATTARELLA M. & TRAMUTOLI M. (1999) - Stratigraphic and structural relationships between Meso-Cenozoic Lagonegro basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy. Tectonophysics, 315, 269-286.

SAPTONO, S., KRAMADIBRATA, S., SULISTIANTO, B., (2013) - Using the Schmidt Hammer on Rock Mass Characteristic in Sedimentary Rock at Tutupan Coal Mine. Procedia Earth and Planetary Science 6, 390-395.

SCHIATTARELLA M., DI LEO P., BENEDEUCE P., GIANO S.I., MARTINO C. (2006) - Tectonically driven exhumation of a young orogen: an example from the southern Apennines, Italy. In: WILLETT S.D., HOVIUS N., BRANDON M.T. & FISHER D. (eds): "Tectonics, climate, and landscape evolution". Geological Society of America, Special Paper 398, Penrose Conference Series, 371–385.

SESAME PROJECT (2004) – Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations - Measurements, processing and interpretation. European Commission, n° EVG1-CT-2000- 00026 - <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/>.

STUCCHI M., MELETTI C., MONTALDO V., CROWLEY H., CALVI G.M., BOSCHI E. (2011) - Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885– 1911.

TROPEANO M., SABATO L. & PIERI P. (2002) – Filling and cannibalization of foredeep: the Bradanic Trough, Southern Italy. In: JONES S. J. & FROSTICK L. E. (Eds) – Sediment Flux to Basins: Causes and Consequences. Geological Society of London, Special Publication, **191**, 55-79.

Riferimenti normativi

Deliberazione della Giunta Regionale 6 ottobre 2009 n. 1706 - Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008. Redazione e deposito dei progetti. Microzonazione sismica. Carta di pericolosità locale. Prime direttive.

DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI. *Supplemento ordinario* n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE. Serie generale - n. 42. 20-2-2018.

Norme tecniche di attuazione del PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) (2005) - Autorità di Bacino della Puglia.

ORDINANZA PCM 3519 DEL 28 APRILE 2006, ALL. 1B - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale dell'INGV. <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

Gruppo di Lavoro (2004). "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003" Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appen-

dici.

GRUPPO DI LAVORO MS (2008) – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.

Legge Regionale 24 dicembre 2008, n. 31 art. 35 - Modifica alla legge regionale n. 23/1999 – Tutela, Governo ed Uso del Territorio

Legge Regionale n. 19 del 28/10/2011. “Modifica all'art. 3 della L.R. 7 giugno 2011, n. 9 – Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica”