

Committente

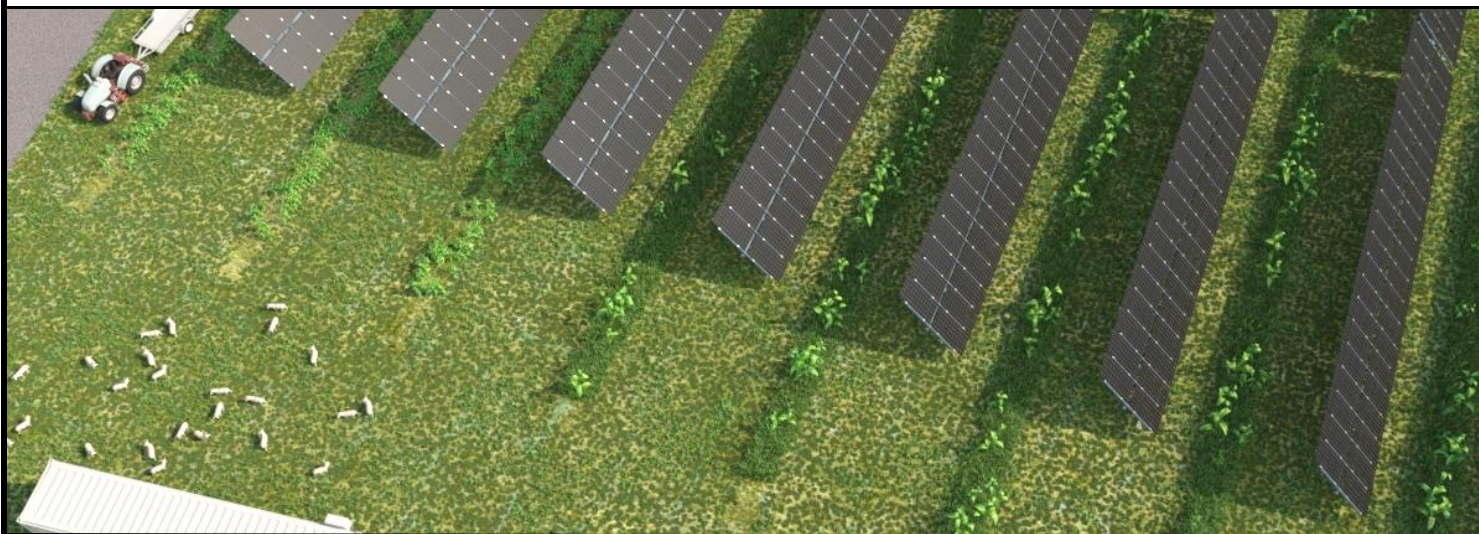


X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA

Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005



Progettista:



AS S.r.l.: Viale Jonio 95 - 00141 Roma - info@architetturasostenibile.com

PROGETTO SE UTENTE AGROVOLTAICO "ORDONA"

Progetto per la realizzazione di un impianto Agrovoltaico di potenza pari a 63,623 MWp e relative opere di connessione alla RTN

Località

REGIONE PUGLIA – COMUNI DI ORDONA (FG) E FOGGIA

Titolo

RELAZIONE GEOTECNICA - SISMICITÀ

Data di produzione 12-02-2022	Revisione del	Codice elaborato
X-ELIO ITALIA S.r.l si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.	Revisione del	AS_ORD_R07_SSE
Timbro e firma Autore	Timbro e firma Responsabile AS	Timbro e firma Xelio

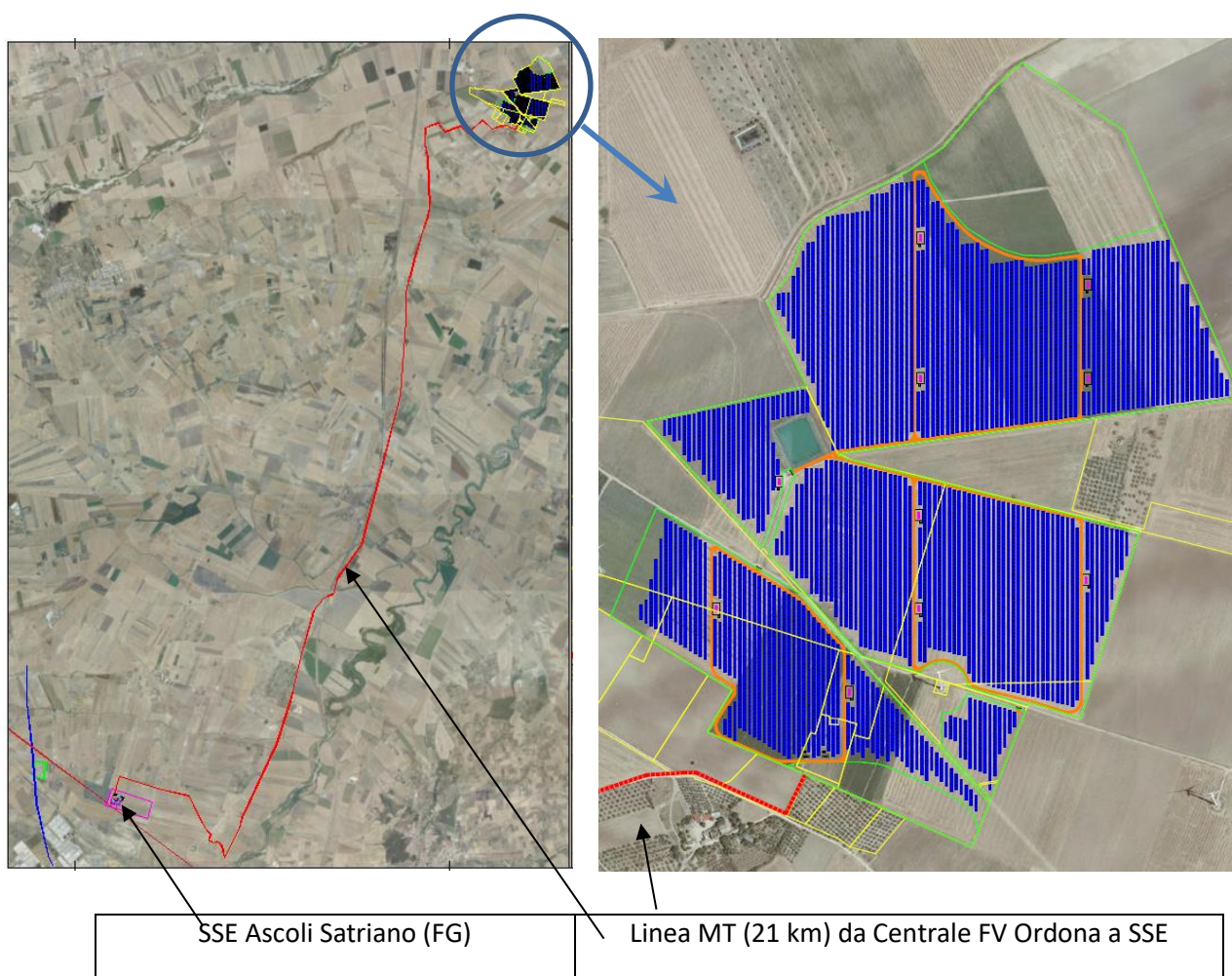


Sommario

- Premessa	2
- Localizzazione.....	3
- Riferimenti geologici.....	5
- Sismicità	7
- Piano indagini geognostiche.....	18
- Indagine geofisica.....	18
- Parametri geotecnici	27
- Verifica di stabilità pendii.....	28
- Verifica di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.....	28
- Conclusioni	22

Premessa

Il progetto in esame ha per oggetto la realizzazione di una centrale di produzione elettrica da fonte solare denominata "Centrale agrovoltaica Ordonà", con tracker ad inseguimento monoassiale, ad asse inclinato con rotazione assiale ed azimuth fisso, per una potenza complessiva di 63.623 kWp, collegati a 40 inverter con $P_{nom} = 1,64$ MW ciascuno, con potenza nominale dell'impianto $P_n = 1,64 * 40 = 65,6$ MW e potenza in immissione massima di 50 MW, gestita da sistema di supervisione che gestirà in automatico il derating o l'apertura dei singoli inverter.



Il progetto si occupa anche delle relative opere di connessione alla rete di distribuzione elettrica di Terna SpA, inclusa la sottostazione utente di trasformazione MT/AT e la linea di connessione in AT alla SE Utente di Ascoli Satriano (FG). Tutte le opere saranno realizzate nei Comuni di Foggia, Ordonà e Ascoli Satriano.

La centrale fotovoltaica sarà suddivisa in due sottocampi, denominati "Nord" e "Sud", per dimezzare la potenza elettrica da trasportare, con potenza massima in immissione di 50 MW, posta a circa 21 km dalla sottostazione elettrica Utente, che sarà realizzata in prossimità della SE TERNA 380/150 kV di Deliceto (FG).

La SSE utente sarà provvista di un trasformatore da 80 MVA 150/30 kV, con cabina MT di distribuzione dei cavi in media tensione verso la centrale fotovoltaica.

Nell'area più a sud della centrale FV saranno disposte le due cabine di smistamento delle linee MT dell'impianto, denominate "Cabina di smistamento Campo Nord" e "Cabina di Smistamento Campo Sud".

La cabina di Smistamento Campo Nord sarà collegata a cinque cabine poste nell'area nord del campo, mediante tre linee MT in antenna.

La cabina di Smistamento Campo Sud sarà collegata a cinque cabine poste nell'area sud del campo, mediante tre linee MT in antenna.

Localizzazione

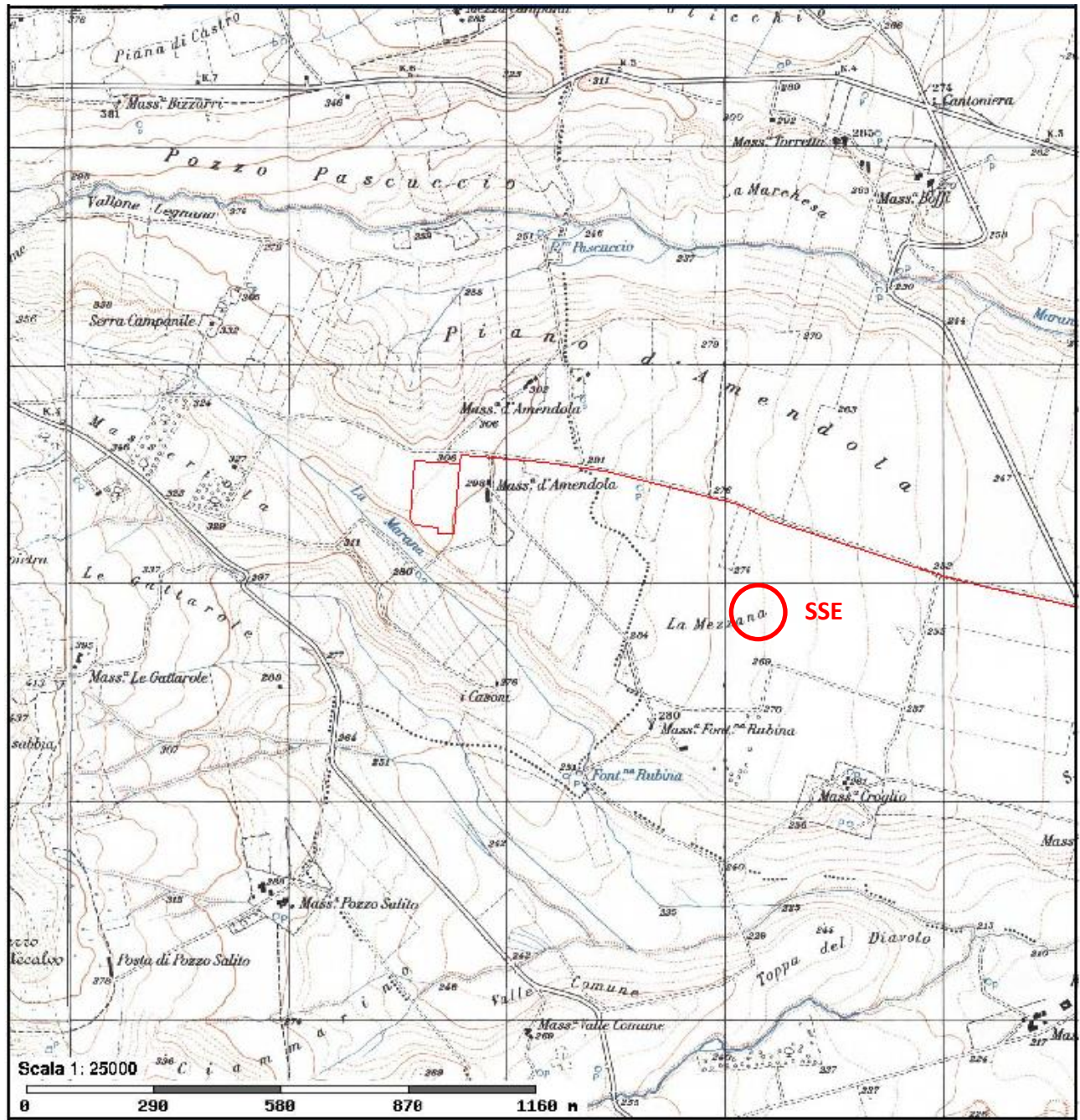
L'impianto fotovoltaico denominato "ORDONA" sarà realizzato in Puglia, in provincia di Foggia, sul territorio dei comune di Ortona (FG) e Foggia coprendo un'area di 92,47 ha. Specificamente, l'impianto costituisce un unico appezzamento, ubicato a cavallo tra il territorio del Comune di Ortona ricadente in località "Posta Ricci" per complessivi 50,3964 ha e quello di Foggia in località "Giardino" per complessivi 42,0768 ha. L'area di impianto dista circa 3,5 km dai primi caseggiati del Comune di Ortona, mentre da quelli di Carapelle circa 7 Km, da Ortona Nova e Castelluccio dei Sauri circa 9 Km, e da Foggia circa 11 Km.

La centrale FV Ortona sarà collegata ad una SSE Utente posta in prossimità della SE TERNA di Deliceto, a circa 20 km di distanza verso sud, nel comune di Ascoli Satriano (FG).

Dal punto di vista cartografico, il Campo fotovoltaico ricade a cavallo delle tavolette III SE "Carapelle" del F°164 e IV NE "Ortona" del F° 175 I.G.M. mentre la stazione elettrica ricade nella tavoletta IV SO "Ascoli Satriano" del F° 175.

Le coordinate medie dei siti sono le seguenti:

Campo			SSU		
WGS84 UTM 33N	X: 549291.90207	Y: 4576344.79954	WGS84 UTM 33N	X: 541089.30919	Y: 4562597.87491
WGS84 UTM 32N	X: 1051476.81825	Y: 4597171.31754	WGS84 UTM 32N	X: 1044218.80864	Y: 4582837.18958
Gauss Boaga Est	X: 2569294.14694	Y: 4576425.00155	Gauss Boaga Est	X: 2561091.17925	Y: 4562677.67204
lat/lon WGS84	X: 15.58911	Y: 41.33708	lat/lon WGS84	X: 15.49015	Y: 41.21372



Sottostazione Utente - Inquadramento su IGM: F° 175, tav. IV SO "Ascoli Satriano"

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 - n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Dati catastali

Riguardo I dati catastali, la SSE ricade nella p.lla 86 del foglio di mappa n° 57 del comune di Ascoli Satriano (Fg)

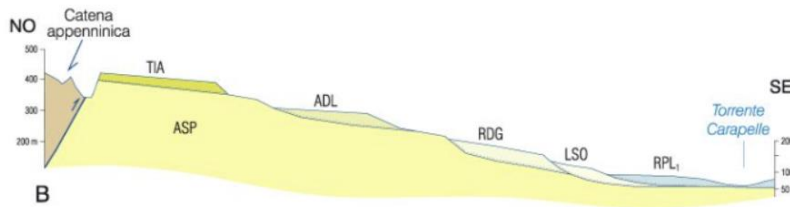
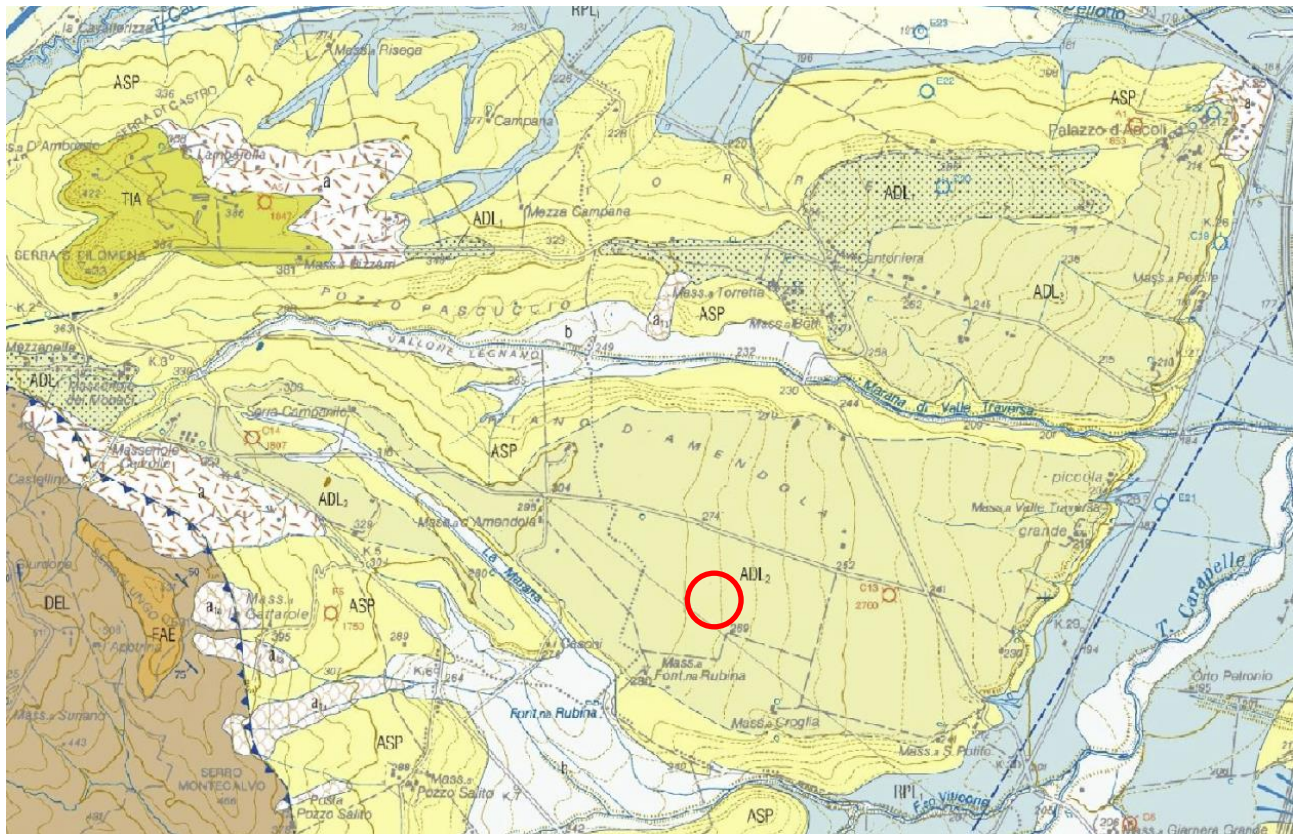


Ortofoto su base catastale, F° 57, comune di Ascoli Satriano


RIFERIMENTI GEOLOGICI


Come riportato nella relazione geologica, l'area in oggetto è caratterizzata da una successione di sabbie limoso-argillose, ghiaie e argille.


Al di sotto dello strato agrario affiorano strati alternati di ghiaie sabbioso-limose con strati argillosi presenti a quote diverse. Questo pacchetto, spesso circa 30 m, generalmente ospita una falda idrica stagionale, molto influenzata, per portata e spessore, dagli eventi meteorologici. Inoltre, la maggior parte di queste falde sono alimentate anche dagli apporti idrici provenienti dai numerosi reticoli idrografici presenti in zona. Alla base troviamo la formazione delle argille grigio-blu, con spessori superiori ai 200 m.




Carta geologica F° 421 "Ascoli Satriano"

- 

Deposito alluvionale
 Ghiaie e sabbie attualmente in evoluzione in alveo.
OLOCENE
- 

Subsistema dell'Incoronata
 Silt argillosi, silt, sabbie siltose e lenti di ghiaie poligeniche; a luoghi livelli di limi nerastri con coperture decimetriche di sabbie con gradazione diretta, laminata e con al tetto sottili livelli argillosi.
PLEISTOCENE SUPERIORE ? – OLOCENE
- 

Subsistema di La Mezzana
 Conglomerati poligenici a grana media mediamente cementati in matrice sabbiosa; con clasti subarrotolati di rocce provenienti dalle unità della Catena appenninica.
PLEISTOCENE MEDIO
- 

ARGILLE SUBAPPENNINE
 Silt argillosi e marne siltose grigie a stratificazione poco evidente, con intercalazioni di argille siltose e, verso l'alto, di sottili strati di sabbia medio-fine. Lo spessore complessivo ricostruito in affioramento è di circa 200 m, quello dei singoli affioramenti varia da alcuni metri a circa 50 m nei fronti di cava. L'ambiente deposizionale indicato dai caratteri di facies e dalle macrofaune è la scarpata superiore, per la porzione medio-bassa della successione, e la piattaforma per la parte sommitale. A tetto si riconosce una litofacies denominata sabbie marine e conglomerati di Ascoli Satriano (ASP₁). Il contenuto micropaleontologico della formazione, generalmente abbondante e diversificato con numerose forme rimaneggiate, è rappresentato da associazioni a foraminiferi riferibili alla Zona *Bulimina marginata* e a quella a *Globigerina calabra*. Le associazioni a nannofossili indicano un intervallo compreso tra le Zone MNN19b e MNN19c.
CALABRIANO

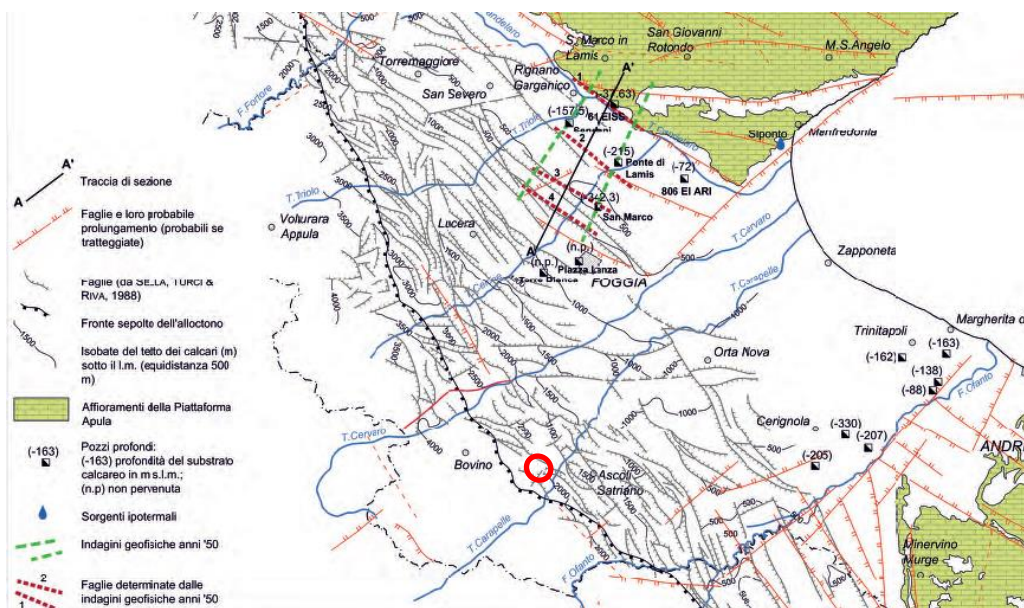
X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Stratigrafia media (m)	
0.00-1.00	terreno organico sabbioso-limoso
1.00-30	Sabbia e ghiaia limosa con livelli argillosi
30.00-40.00	Argilla gialla con livelli ghiaiosi e sabbiosi
40.00 in poi	Argilla grigio-azzurre

SISMICITÀ

Il basamento calcareo - dolomitico del Mesozoico presenta in corrispondenza del Tavoliere di Foggia una struttura a Horste Graben, originata da un sistema di faglie appenniniche parallele alla faglia marginale del Gargano ("Faglia del Candelaro"). In senso trasversale a tale direttrice, all'incirca parallelamente al fiume Ofanto, è possibile individuare un ulteriore notevole sprofondamento da faglia (Faglia dell'Ofanto) che contribuisce alla formazione di un gradino notevole tra le ultime propaggini Nord-occidentali delle Murge ed il basamento mesozoico del Tavoliere.



Carta tettonico-strutturale

Le argille e sabbie argillose della serie pliocenico-calabrianica che sovrastano i calcari cretacei si presentano sino ad una profondità sotto il piano campagna che raggiunge anche valori dell'ordine di 1.000 m. Procedendo verso la Fossa Bradanica il tetto dei calcari subisce successivi abbassamenti ad opera di un sistema di faglie di direzione appenninica, cui si associano abbassamenti dell'ordine dei 3.000÷4.000 m per la presenza di una serie di horst e graben.

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Particolarmente interessanti sono anche le condizioni geologico-strutturali dell'estremità settentrionale della Faglia di Apricena, che delimita il promontorio del Gargano ad Ovest del lago di Lesina e dove tra le alluvioni recenti emergono, per un breve tratto, alcune rocce magmatiche cui viene dato in genere il nome di "Pietre Nere".

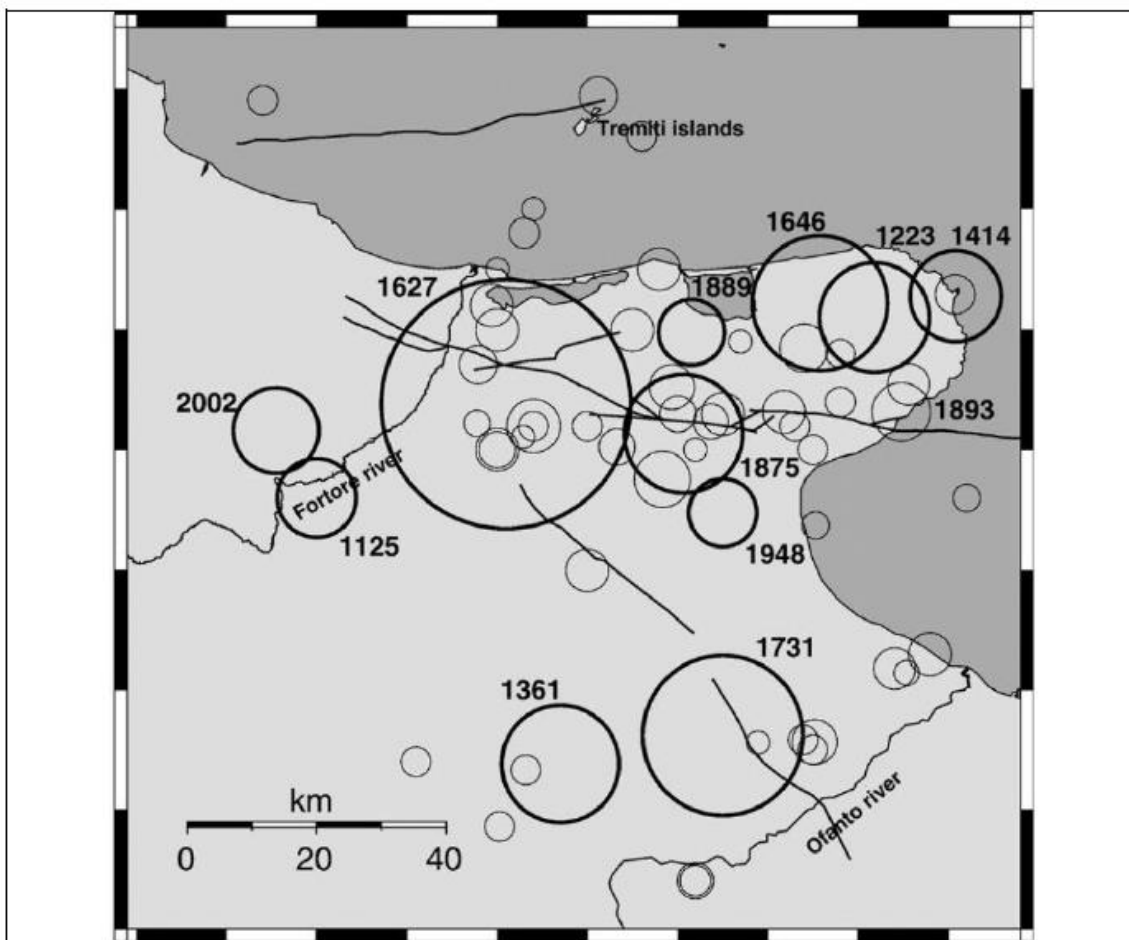
Dal punto di vista sismico, il Tavoliere foggiano si configura come un'area che, oltre ad essere caratterizzata dalla presenza di alcune potenziali sorgenti sismogenetiche, risente anche dell'elevata sismicità di alcune zone contermini quali quelle del Matese, del Beneventano, dell'alta Irpinia e Garganico-molisana, aree nelle quali si sono verificati alcuni dei maggiori terremoti della storia sismica italiana. Pur essendo caratterizzata da un tasso di sismicità sensibilmente più basso della vicina zona situata a cavallo tra il Molise e il Gargano, l'area del Tavoliere di Puglia è stata colpita in tempi storici da due importanti eventi distruttivi: il terremoto di Ascoli Satriano del 27/12/1361 e il terremoto del Foggiano del 20/03/1731. In particolare, quest'ultimo terremoto colpì pesantemente proprio il Tavoliere centro-meridionale, causando gravi distruzioni soprattutto a Foggia (dove si ebbero 500 morti) e a Cerignola (con circa un migliaio di vittime), oltre che nelle circostanti aree rurali.

Nel caso degli eventi distruttivi che hanno colpito la Capitanata, un ruolo importante nel determinarne le pesanti conseguenze l'hanno avuto sia l'effetto moltiplicativo del danno prodotto dalla risposta di sito che l'attivazione di strutture sismogenetiche locali. Quest'ultimo fattore è di rilevante importanza in quanto smentisce la diffusa opinione secondo cui la sismicità del nord della Puglia sarebbe principalmente associata al promontorio garganico.

Uno studio delle strutture del sottosuolo condotto dall'Università di Pisa (Patacca & Scandone, 2001) ha invece messo in evidenza l'esistenza di una faglia ad andamento NW-SE, denominata "faglia Foggia-Cerignola", che mostra evidenze di attività recenti e che è ritenuta potenzialmente sismogenetica. Essa viene inoltre ritenuta responsabile dell'evento sismico del 20/03/1731, caratterizzato da livelli massimi di danneggiamento del IX grado della scala Mercalli.

I dati e le osservazioni sismologiche di epoca storica relativi al Tavoliere meridionale segnalano dunque eventi di intensità macrosismica di VIII e IX grado M.C.S.. Per ottenere informazioni relative all'attività sismica di epoca più recente, si è invece proceduto alla consultazione dei database dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

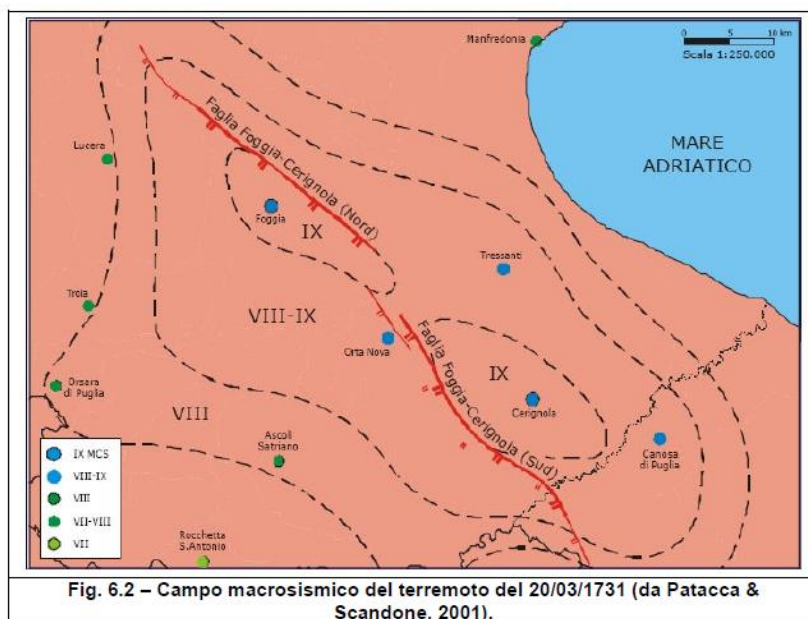
- CPTI15 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015, che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti d'interesse per l'Italia con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 nella finestra temporale 1000-2014;
- DBMI15 Database Macrosismico Italiano 2015, che fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti d'interesse per l'Italia con intensità massima ≥ 5 nella finestra temporale 1000-2014.



List of historical earthquakes of northern Apulia with epicentral intensity $I_0 \geq VII$ MCS (data from CPTI Working Group, 2004); I_{max} = maximum intensity; M_W = moment magnitude estimated (from macroseismic data)

Date	Latitude (N)	Longitude (E)	I_{max}	I_0	M_W	Zone
1125.10.11	41.60	15.00	IX	VIII	5.7	Molise
1223	41.85	16.03	IX	IX	6.0	Gargano
1361.07.17	41.23	15.45	X	IX	6.1	Ascoli Satriano
1414	41.88	16.18	VIII–IX	VIII–IX	5.8	Vieste
1627.07.30	41.73	15.35	X	X	6.7	Gargano
1646.05.31	41.87	15.93	IX–X	IX–X	6.2	Gargano
1657.01	41.83	15.33	–	VII	5.2	Apricena
1731.03.20	41.27	15.75	IX	IX	6.3	Foggiano
1739.02.13	41.50	15.50	–	VII	5.2	Foggia
1783.11.15	41.67	15.33	–	VII	5.2	San Severo
1841.02.21	41.63	15.64	VII–VIII	VII–VIII	5.4	S. Marco in Lamis
1864.12.28	41.83	15.58	–	VII	5.2	Sannicandro Garganico
1869.03.31	41.72	15.75	–	VII	5.2	San Giovanni Rotondo
1871.08.01	41.92	15.63	–	VII	5.2	Torre Mileto
1875.12.06	41.69	15.68	VIII	VII–VIII	6.1	S. Marco in Lamis
1889.12.08	41.83	15.69	VII	VII	5.6	Apricena
1893.08.10	41.72	16.08	VIII–IX	VIII	5.4	Mattinata
1894.03.25	41.87	15.32	VII	VII	5.2	Lesina
1912.07.02	41.38	16.13	–	VII	5.2	Trinitapoli
1948.08.18	41.58	15.75	VII–VIII	VII–VIII	5.6	Northern Apulia
1951.01.16	41.81	15.90	VII	VII	5.3	Gargano
1955.02.09	41.72	15.88	VII–VIII	VII	5.2	Monte San' Angelo

Fig. 5.1 – Principali eventi macrosismici con epicentro localizzato nella Puglia settentrionale (da Del Gaudio et Al., 2007).



Il database DBMI15 ha consentito di verificare che, all'interno dell'area perimetrata nella figura a fianco, si sono verificati complessivamente n. 11 eventi di intensità macrosismica compresa tra 5 e 10, così come elencati nella tabella annessa. Dal catalogo CPTI15 si è invece potuto appurare che, nella medesima area, negli ultimi 100 anni si sono verificati n. 5 eventi sismici di magnitudo superiore a 4. Le date, l'ubicazione delle aree epicentrali e le magnitudo dei suddetti eventi sismici sono riportati in tabella.

PlaceID	Place Name	Prov	Imax	EQs
IT_62092	Ascoli Satriano	FG	10	41
IT_62107	Carapelle	FG	6-7	16
IT_62116	Castelluccio dei Sauri	FG	7-8	25
IT_62153	Cervaro	FG	6	1
IT_62146	Foggia	FG	9	84
IT_62220	Ortona	FG	6-7	15
IT_62222	Orta Nova	FG	8-9	44
IT_62247	Stornara	FG	7	18
IT_62248	Stornarella	FG	6-7	22
IT_62134	Tressanti	FG	8-9	1
IT_62202	Zapponeta	FG	5	13

Storia sismica di Ascoli Satriano [41.205, 15.561]

Numero di eventi: 33

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
10	1361 07 17 17:15	Ascoli Satriano	2	9 5.99 ±0.34	
8	1456 12 05	MOLISE	199	11 7.22 ±0.13	
7	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20	
7-8	1646 05 31	Gargano	35	9-10 6.61 ±0.45	
7	1694 09 08 11:40	Irpinia-Basilicata	251	10 6.79 ±0.10	
6-7	1720 06 07	PUGLIA SETTENTRIONALE	7	6-7 5.32 ±0.61	
8	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25	
5	1805 07 26 21:00	Molise	223	10 6.62 ±0.11	
7-8	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10 6.38 ±0.17	
7	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08	
NF	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25	
5	1899 08 16 00:05	IRPINIA	32	6 4.65 ±0.41	
NF	1905 03 14 19:16	BENEVENTANO	94	6-7 4.90 ±0.16	
3-4	1905 11 26 06:48	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13	
7	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09	
3	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11	
2-3	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09	
4	1923 11 08 12:28	MURO LUCANO	28	6 4.96 ±0.23	
2-3	1927 12 27 08:49	DELICETO	2	5-6 4.51 ±0.34	
8	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09	
4	1937 07 17 17:11	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19	
6-7	1948 08 18 21:12	Puglia settentrionale	59	7-8 5.64 ±0.21	
7	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10	
6	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09	
5	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09	
4-5	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09	
NF	1992 11 05 13:34	Gargano	32	5 4.64 ±0.18	
4-5	1995 09 30 10:14	Gargano	145	6 5.18 ±0.09	
4-5	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6 4.93 ±0.09	
4-5	2002 11 01 15:09	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09	
NF	2003 06 01 15:45	Molise	516	5 4.50 ±0.09	
NF	2003 12 30 05:31	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09	
5	2006 05 29 02:20	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09	

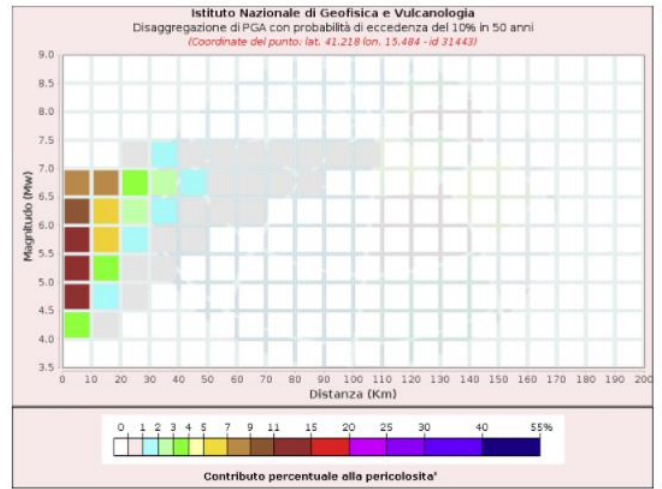
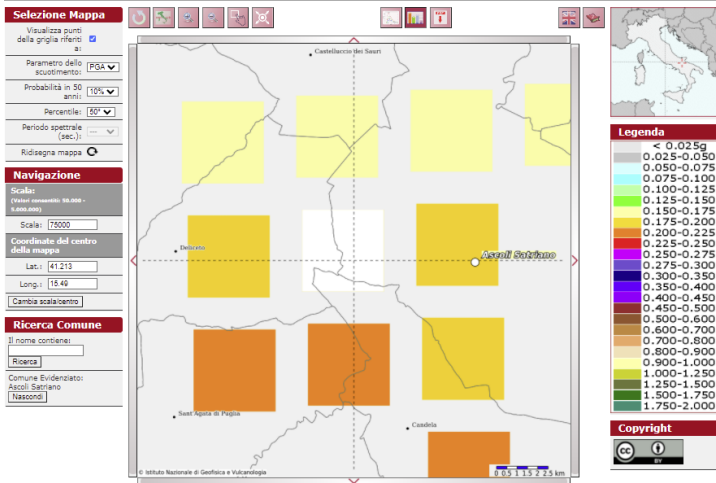
X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.218 lon. 15.484 - id 31443)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	3.8300	11.6000	13.0000	12.3000	10.0000	7.1900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.2310	1.4800	3.3000	5.3400	6.8500	7.1500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0197	0.3740	1.3200	2.6400	3.9500	0.5060	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051	0.2780	1.0900	2.2100	1.3000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.3650	1.1200	0.9610	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0640	0.4860	0.5190	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.1450	0.1940	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0354	0.0825	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0330	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.87	12.4	0.649

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Pericolosità sismica di base

La valutazione dell'azione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 3.2 delle NTC (DM 17.01.18).

Come riportato dalla suddetta normativa, la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II). La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il calcolo del V_{seq} , è stata eseguita una indagine MASW lungo la base sismica S1 (riportate nei capitoli successivi). Tramite questa prova si misurano le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

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

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s

Le indagini sismiche eseguite in modalità MASW hanno fornito i seguenti valori della V_{seq} :

Indagini	V_{seq} (m/s)	Categoria di sottosuolo
S1	299	C

strato	Prof. (m)	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	0.70	0.70	232
2	8.85	8.15	290
3	18.83	9.98	294
4	35.94	17.11	316
5	--	--	592

V_{seq}	299
-----------	-----

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, 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.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

Condizioni topografiche

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

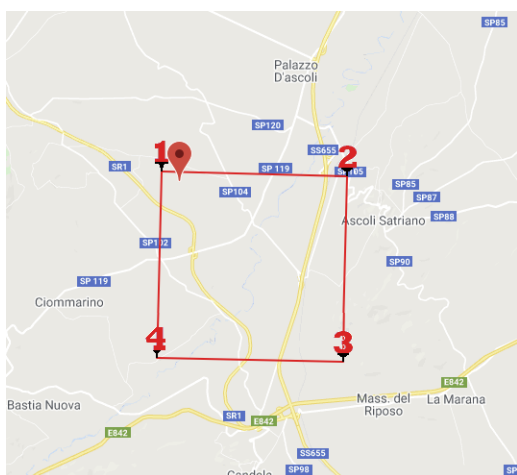
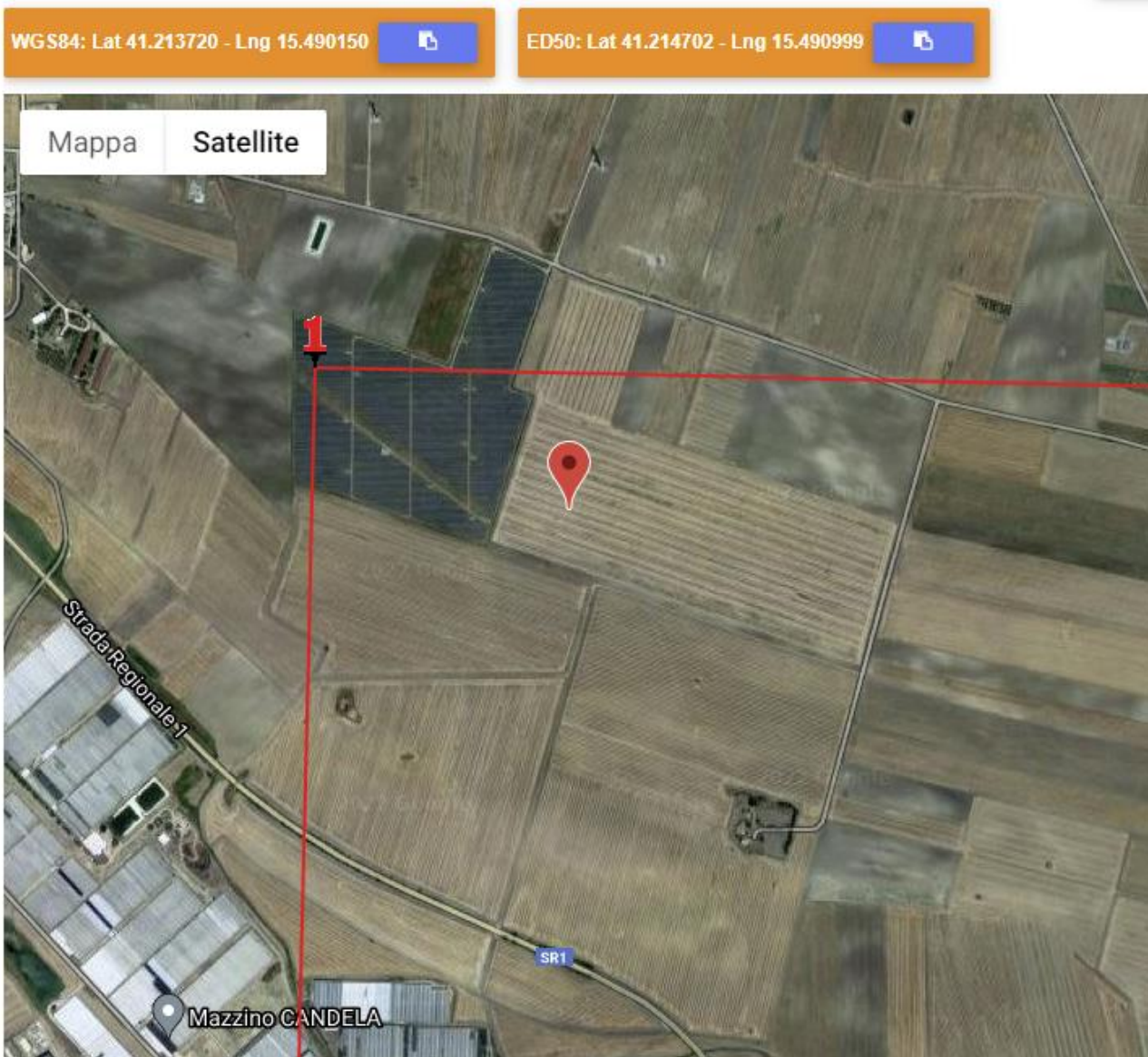
Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

Parametri e coefficienti sismici determinati con GeoStru PS

Località "SSU"



Ubicazione topografica

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Parametri sismici

determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,214702 [°]

longitudine: 15,490999 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	31443	41,217560	15,484270	646,4
Sito 2	31444	41,216370	15,550740	5000,5
Sito 3	31666	41,166390	15,549100	7245,3
Sito 4	31665	41,167570	15,482720	5286,4

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,049	2,441	0,289
Danno (SLD)	63	50	0,061	2,564	0,318
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,191	2,460	0,410
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,267	2,407	0,419

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,580	1,000	0,015	0,007	0,714	0,200
SLD	1,500	1,530	1,000	0,018	0,009	0,902	0,200
SLV	1,420	1,410	1,000	0,065	0,033	2,667	0,240
SLC	1,310	1,400	1,000	0,098	0,049	3,435	0,280

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

PIANO INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geognostica ha previsto l'esecuzione di indagini di tipo geofisico:

- prospezioni sismica a rifrazione con acquisizione dei sismogrammi Onde P con sistema di energizzazione del tipo a massa battente con n° 3 shot;
- indagine sismica MASW;



Ubicazione indagini

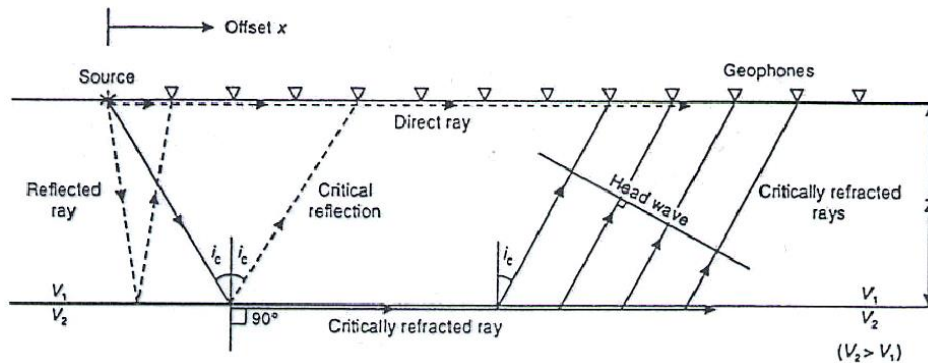
INDAGINE GEOFISICA

Sismica a rifrazione

Cenni metodologici

La tecnica della sismica a rifrazione permette di determinare le velocità di propagazione delle onde longitudinale o primarie P. È basata sulla bifrazione delle onde elastiche a seguito del formarsi di un fronte d'onda conico, che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica.

Dati ad esempio 2 terreni, a velocità v_1 e v_2 , con la sorgente posta nel mezzo 1 (solitamente sulle superficie del suolo) ed uno stendimento di geofoni disposti lungo il profilo, condizione necessaria è quindi che la velocità delle onde nel mezzo 2 sia maggiore rispetto al mezzo 1.



Ad ogni geofono arriveranno le onde generate dalla sorgente: onde dirette, onde riflesse e onde coniche o bifratte (head wave). Quelle analizzate sono quest'ultime, ovvero quelle che giungono sulla superficie di separazione (p.c.) con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90°, propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d'incidenza.

Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P e S è articolata nelle seguenti fasi:

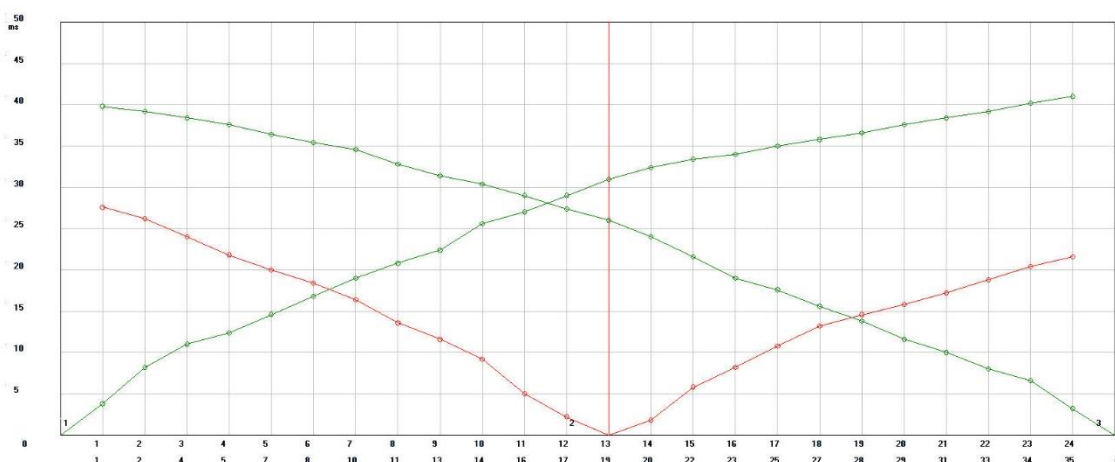
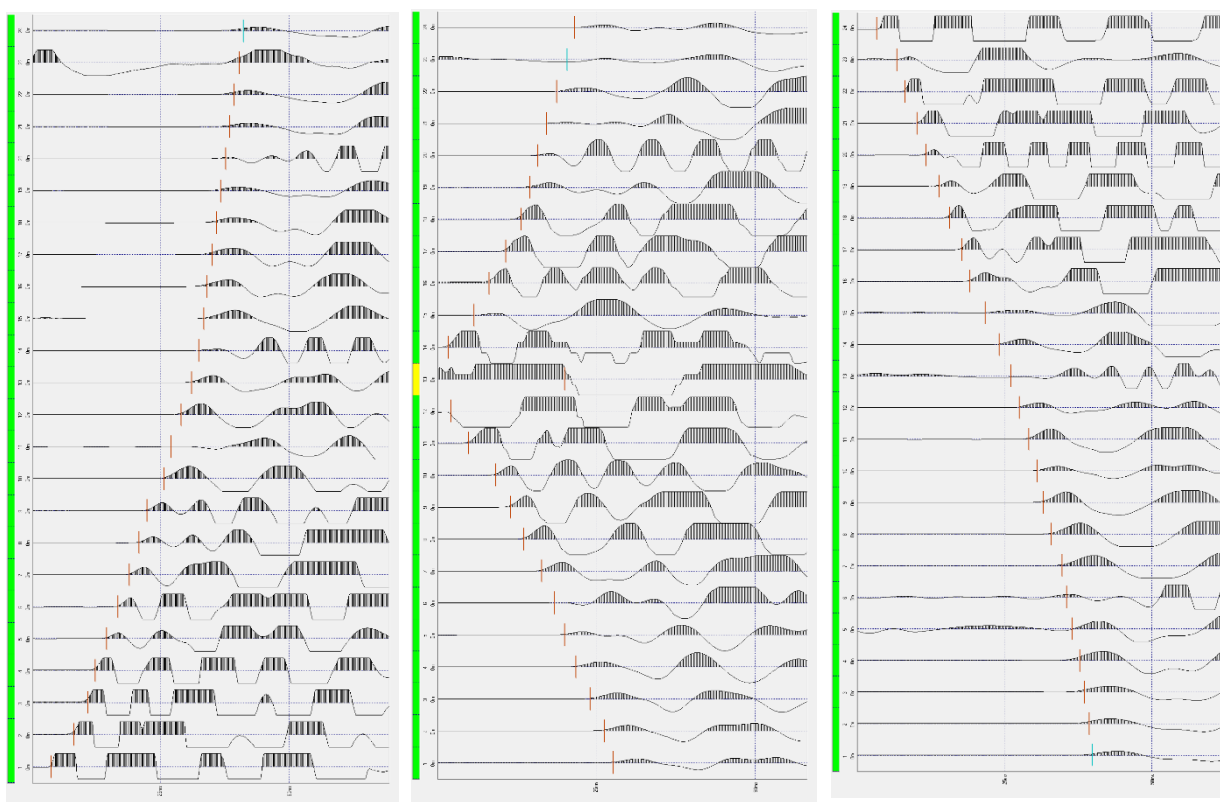
- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazione di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione delle dromocrone (grafico distanza-tempo) e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- elaborazione dei dati.

Modalità esecutive

Nel caso in oggetto, l'indagine è stata realizzata con n° 1 stendimenti lungo i quali sono stati disposti e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.50 m. Sono stati eseguiti n° 3 shots, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 10 kg e l'energizzazione è avvenuta secondo il seguente modo:

- 2 shots esterni allo stendimento (0 m e 37.5 m);
- 1 shot centrale, in corrispondenza del 12° geofono;

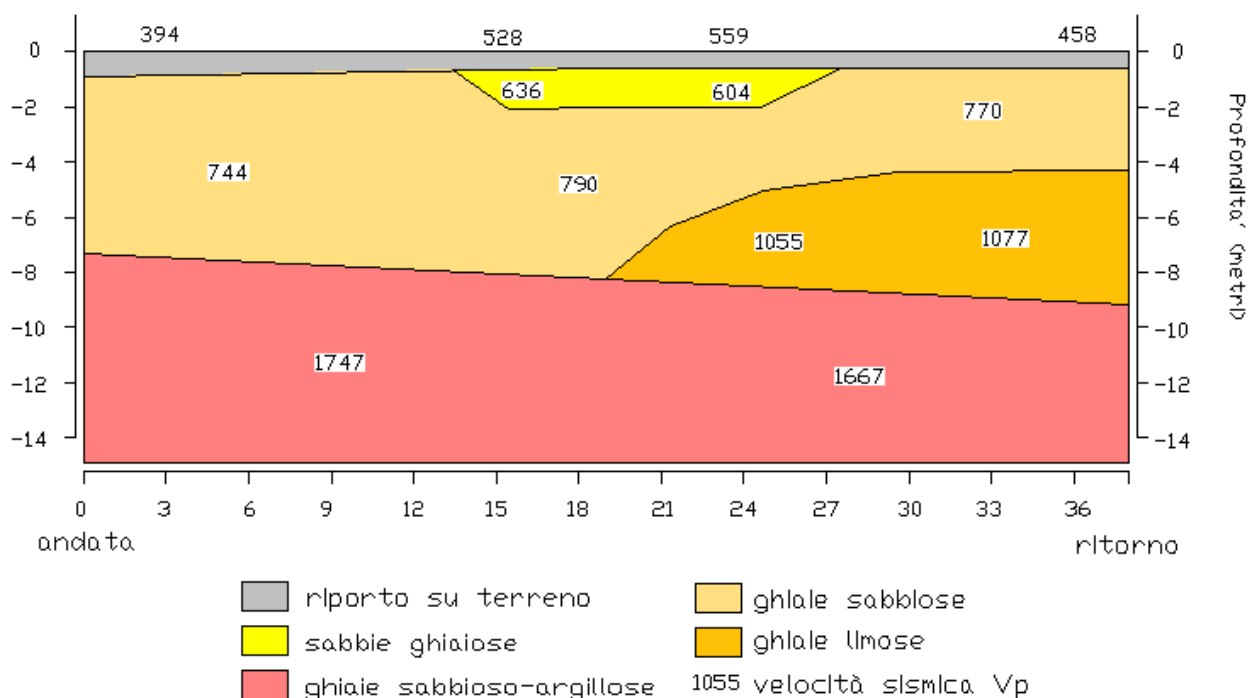
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit; il processing dei dati è stato eseguito con il programma Winsism.



Base S1 - Sismogrammi e dromocrona, Vp

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Interpretazione sismo-stratigrafica, Vp

RISULTATI dell'indagine sismica

- I orizzonte - presenta uno spessore compreso pari a circa 0.60 m ed una velocità media delle onde P pari a 400-500 m/s ed è correlabile co materiale ghiaioso di riporto su terreno agrario;
- Il orizzonte – caratterizzato da una velocità delle onde P comprese tra 600 e 1000 m/sec, è correlabile con ghiaie sabbiese e/o limose;
- III orizzonte – presenta velocità comprese tra da 1600 e 1700 m/s ed è correlabile con ghiaie sabbise ed argillose con probabile presenza di acqua.

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

PROVA "MASW"

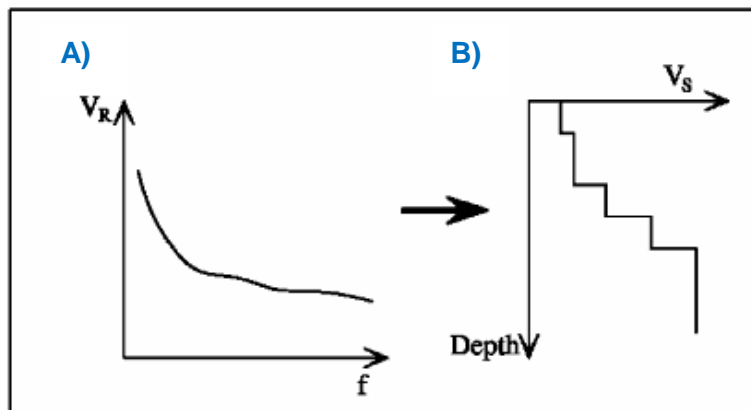
Cenni metodologici

Il metodo "MASW" è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



A) Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza; B) profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica, invece, la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Modalità esecutive

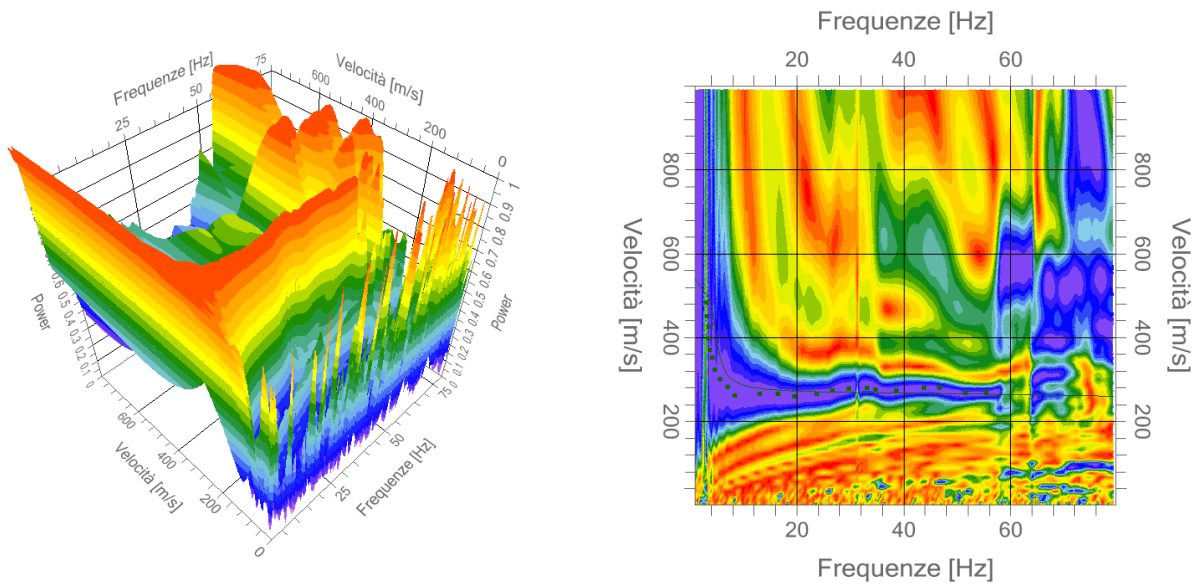
La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento singolo di lunghezza di 36 metri, lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.50 m. Gli shots eseguiti, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 kg circa sono stati disposti nel secondo seguente modo:

- 2 shot esterni allo stendimento (-15 m e 42 m);

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.

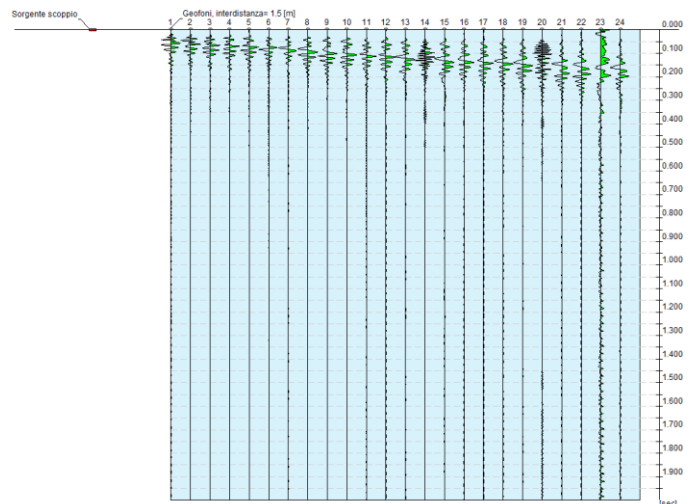
Elaborazione e analisi dei risultati

L'elaborazione, eseguita con il software della GeoStru "Easy Masw", ha consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.. La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

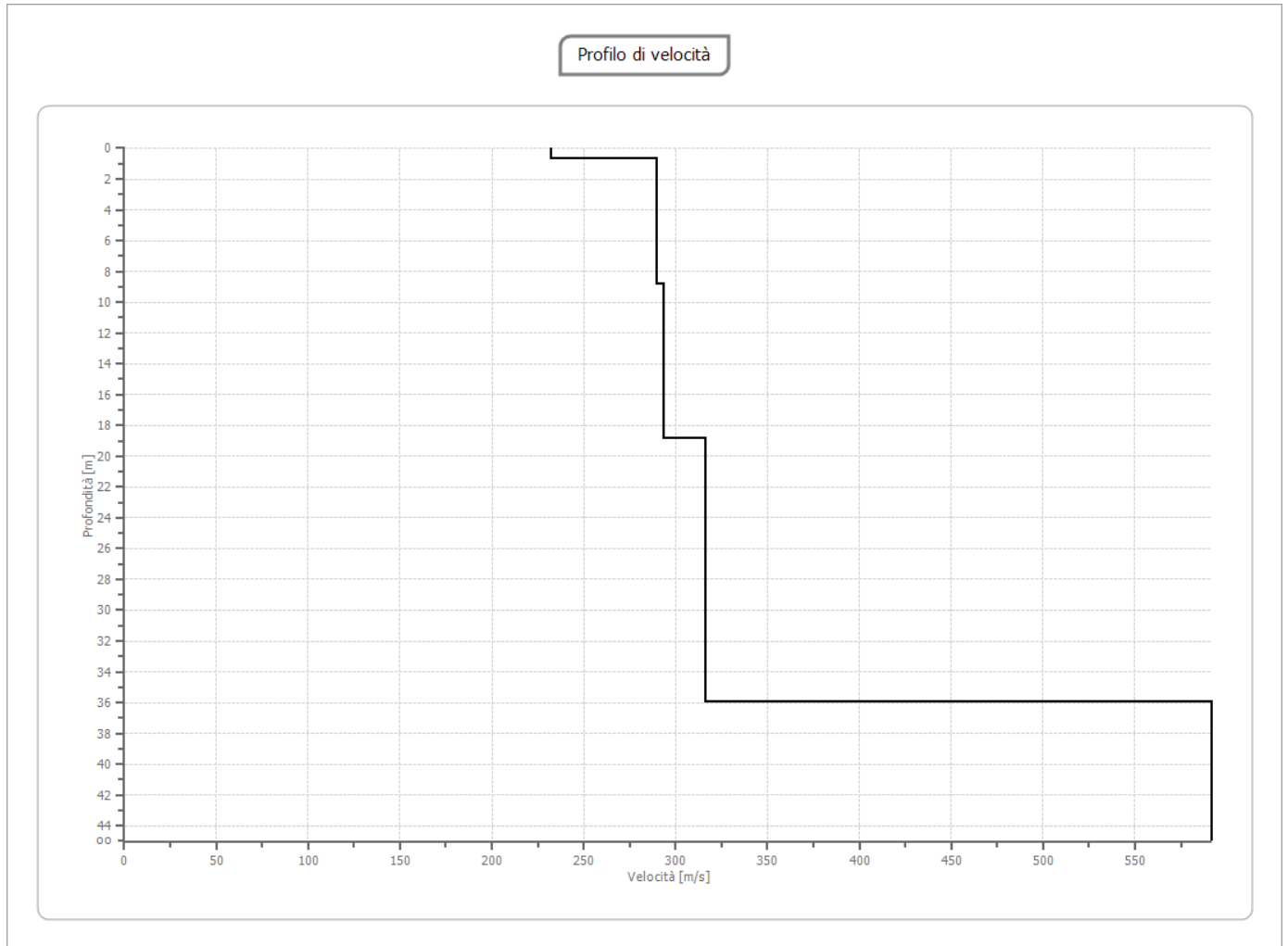


strato	Prof. (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	0.70	0.70	232
2	8.85	8.15	290
3	18.83	9.98	294
4	35.94	17.11	316
5	--	--	592

V_{seq}	299
------------------------	------------



Base S1 - MASW – spettri velocità ed inversione e sismigramma



Base S1 - MASW – sismostratigrafia (Vs)

Parametri geofisici

- **Ed** (modulo di Young dinamico) - Brown e Roberthshaw

$$E_{din} = 0,0102 \cdot \gamma \cdot V_p^2 \cdot \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{(1-\mu)}$$

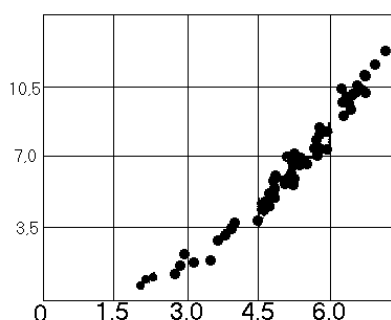
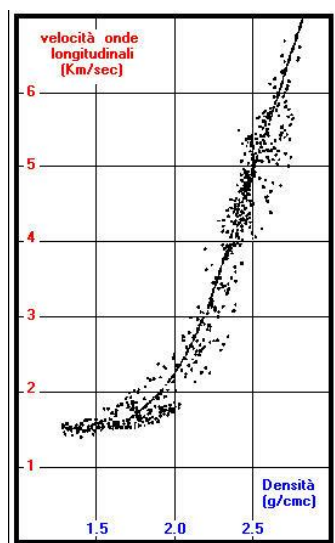
- **G** (modulo di taglio) - Ohta & Goto $G = Ed / 2 \cdot (1 + \mu)$

- **γ** (densità geofisica del terreno) $\gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0.19}$

- **R** (rigidità sismica) $R = V_s \cdot \gamma$

- **μ** (densità geofisica del terreno)

$$\mu = \frac{0,5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2}$$



Correlazione tra V_p/γ (Nate- Drake) e V_p/Ed (Brown e Roberthshaw)

Parametri sismici		copertura	I orizzonte	II orizzonte
spessore	m	0.70	7.50	>10
profondità	m	0.70	8.20	>10
velocità onde P	m/s	300	755	1619
velocità onde S	m/s	136	290	300
modulo di Poisson μ	-	0.37	0.41	0.48
densità geofisica γ	g/cm^3	1.51	1.80	2.08
mod. dinamico taglio G	MPa	28	151	187
mod. dinamico Young Ed	MPa	77	427	554
rigidità sismica R	$t/cm^2 s$	205	521	623

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

PARAMETRI GEOTECNICI

I dati provenienti dal rilievo geomeccanico e geofisico sono stati elaborati secondo le teorie ed i modelli matematici che, a parere dello scrivente, meglio caratterizzano il substrato di fondazione, in relazione alle dirette esperienze compiute su terreni simili in aree appartenenti al medesimo bacino di formazione.

- Modulo statico:

Denver $E_s = 70 \cdot N_{spt}^{0.5}$

Schmertmann $E_s = 12 \cdot N_{spt}$

- Angolo d'attrito:

De Mello $\varphi = 19 - 0.38\sigma + 8.73 \log(N)$

Malcev $\varphi = 20 - 5 \text{Log}(\sigma) + 3.73 \text{Log}(N)$

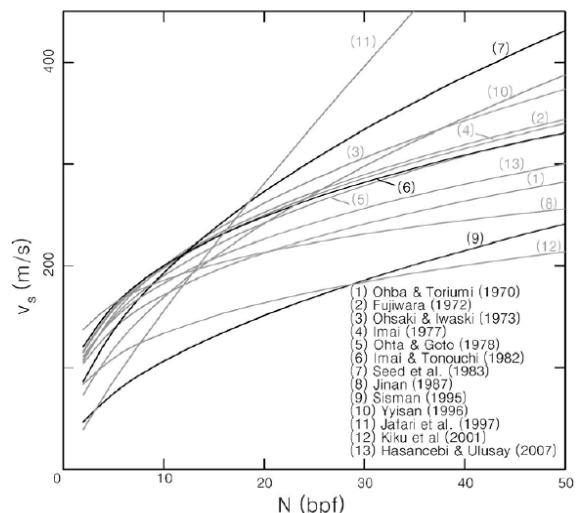
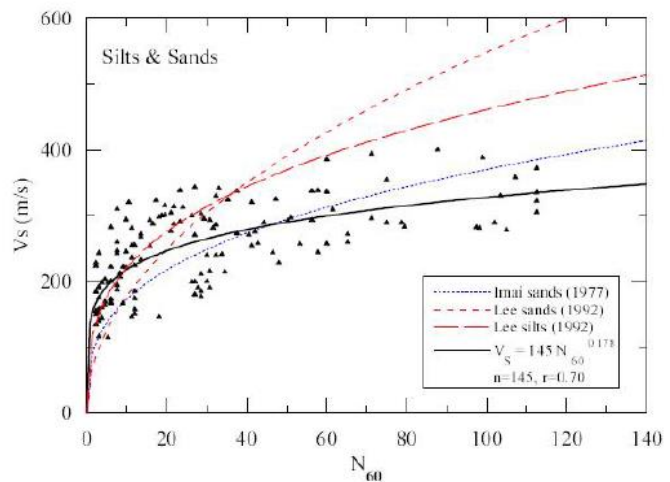
- N_{spt} (n° colpi penetrometro)

Ohsaki & Iwasaki

$$N = 0.94 \sqrt{\frac{10}{650} G}$$

Maugeri-Carrubba (83)

$$V_s = 48 N_{SPT}^{0.55}$$



X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

<i>Parametri elasto-meccanici</i>		copertura	I	II
litologia		terreno vegetale	ghiaie sabbiose	ghiaie argillose
compattezza		media	medio-bassa	alta
spessore	m	0.70	7.50	>10
peso specifico γ	Kg/m ³	1507	1796	2076
peso specifico sat γ_s	Kg/m ³	1583	1886	2180
angolo di attrito ϕ	gradi	22	30	30
angolo di attrito slittamento	gradi	15	19	19
coesione drenata	Kg/cm ²	0	0.023	0.049
coesione ND cu	Kg/cm ²	0	0.16	0.34
mod. el. stastico Young Es	Kg/cm ²	181	337	353
modulo di Poisson μ		0.37	0.41	0.48
modulo di taglio statico Gs	Kg/cm ²	66	119	119
coeff. di Lambe b	1/mc	0	0	0
mod. edometrico Edo	Kg/cm ²	320	810	3468
adesione	Kg/cm ²	0.000	0.014	0.029
coeff. spinta a riposo K ₀		0.618	3.029	3.039
Nspt	n°	7	26	28

VERIFICA DI STABILITÀ DEI PENDII

Il paragrafo 6.3 del D.M. 17.01.2018 prevede lo studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali e dello stato di progetto. I dati riguardo alla morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area in esame escludono possibili pericoli di instabilità.

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

Dal momento che i terreni di fondazione risultano caratterizzati da sabbie, è stata eseguita una verifica riguardo la potenziale liquefacibilità dello stesso.

Il paragrafo "7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione" del DM 2018 stabilisce i criteri per cui la verifica a liquefazione può essere omessa.

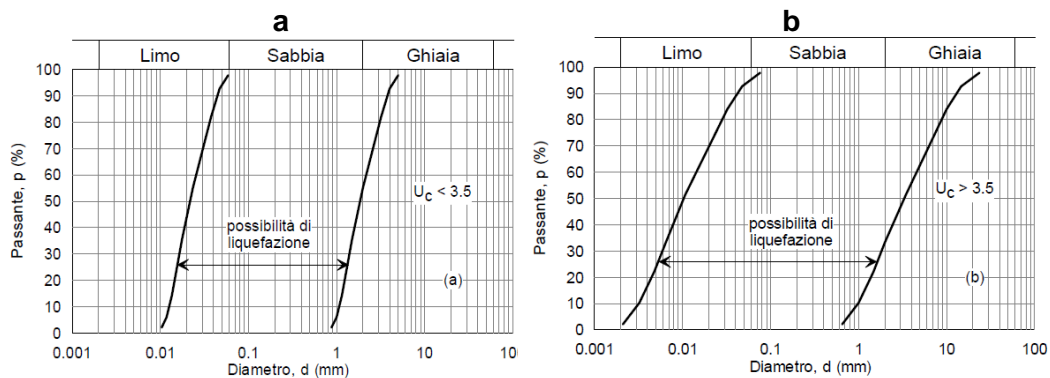
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 34(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 34(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Distribuzione granulometrica

Nel caso in esame:

- la profondità della falda idrica stagionale è stata considerata pari a 9 m.
- Il risultato ottenuto dalla verifica a liquefazione ha fornito un fattore di sicurezza.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE Metodo semplificato

Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato

Città: Ascoli Satriano

Località: La Mezzana

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove sismiche (V_s) viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = 0.03 \cdot \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + \frac{0.9}{V_{S1C} - V_{S1}} - \frac{0.9}{V_{S1C}}$$

dove

$$V_{S1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$$

$$V_{S1C} = \begin{cases} 220 & FC < 5\% \\ 210 & FC = 20\% \\ 200 & FC > 35\% \end{cases}$$

Con

V_s , velocità misurata dell'onda di taglio S espressa in [m/s];

FC, frazione di fine contenuto nella sabbia, espressa in [%];

σ'_v , pressione verticale efficace espressa in [Kg/cm²].

Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta $F_s \leq 1.0$.

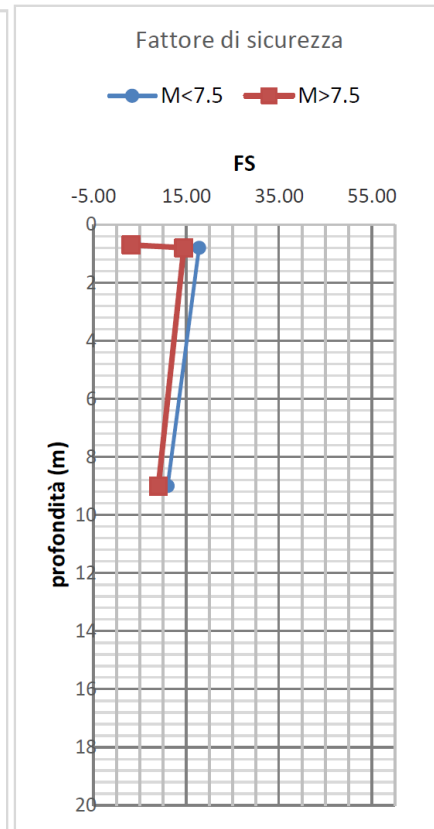
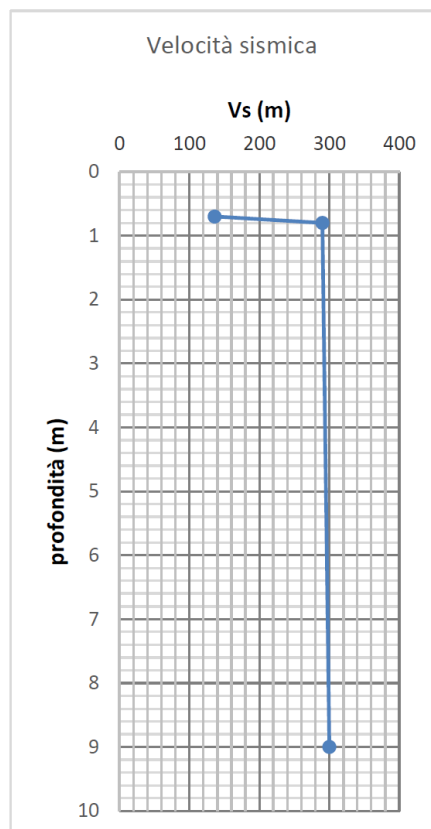
STRATIGRAFIA						
strati		1	2	3	4	5
peso specifico γ	g/cm ³	1.51	1.8	2.08		
σ_{vo}	kg/cm ²	0.1057	0.144	1.872		
press. vert. σ_{vo}'	kg/cm ²	0.1057	0.144	0.972		
prof. prova Z	cm	70	80	900		
prof. falda Z_F	cm	830	800	0		
p.s. acqua γ_{H2O}	g/cm ³	1	1	1		
press. neutra p	kg/cm ²	0	0	0.9		
fraz. fine FC	%	40	20	40		
vel. Sismica V_S	m/s	136	290	300		
V_{S1C}	m/s	200	210	200		
V_{S1}	m/s	238.52	470.77	302.14		
CRR		0.1428	0.6571	0.2605		

Il potenziale di liquefazione viene stimato secondo l'approccio deterministico, calcolando, per ciascuno degli strati investigati, il fattore di sicurezza FS, ottenuto come rapporto tra la resistenza alla liquefazione CCR e la domanda sismica attesa CSR.

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0'}}\right) \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

strati	1	2	3	4	5	
M	5.7	5.7	5.7			
MSF	2.47	2.47	2.47			se M≤7.5
	2.02	2.02	2.02			se M>7.5
a _{max} /g	0.15	0.15	0.15			
r _d	0.946	0.939	0.312			
CSR	0.0373	0.0370	0.0236			se M≤7.5
	0.0457	0.0454	0.0290			se M>7.5

FS	3.83	17.76	11.02			se M≤7.5
	Verificato	Verificato	Verificato			
	3.12	14.49	8.99			se M>7.5
	Verificato	Verificato	Verificato			



CONCLUSIONI

A conclusione dello studio geotecnico e sismico eseguito nell'area in oggetto, è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

- I terreni di progetto sono tutti caratterizzati da una morfologia pianeggiante;
- non sono presenti rischi morfologici;
- la falda idrica si trova oltre i 9 m di profondità;
- l'area rientra in una zona a sismicità Z1;
- la natura litologica del sottosuolo è sabbioso-ghiaioso-limosa, con presenza di livelli e strati litificati e argillosi;
- la classe di sottosuolo è la "C";
- I terreni non presentano rischi da liquefazione.

In conclusione, l'area in esame risulta geologicamente idonea per il progetto di Sottostazione.