

PROPONENTE
Repower Renewable Spa
Via Lavaredo, 44
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott.Giuseppe Caricato

REPOWER
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE



Sinergo Spa - via Ca' Bembo 152
30030 - Maerne di Martellago - Venezia - Italy
tel 041.3642511 - fax 041.640481

sinergospa.com - info@sinergospa.com

Numero di commessa interno progettazione: 20094

Progettista :
Ing. Filippo Bittante



TENPROJECT

Tenproject Srl - via De Gasperi 61
82018 S.Giorgio del Sannio (BN)
t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

1417

NUOVO PARCO EOLICO "LATIANO"
PROVINCIA DI BRINDISI
COMUNI DI LATIANO - MESAGNE - TORRE SANTA SUSANNA

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

ELABORATO

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

CODICE ELABORATO

0.11

NOME FILE

1417-PD_A_0.11_REL_r00

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	15/03/2021	PRIMA EMISSIONE	Geol. G. Nichilo	Geom. E. Cossalter	Ing. Filippo Bittante

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
3.1. Geologia	6
3.2. Geomorfologia	10
3.3. Tettonica.....	12
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	15
4.1. Idrografia e Pericolosità idrogeologica	17
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE	20
5.1. MASW	20
6. MODELLO GEOLOGICO e geotecnico.....	22
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	24
7.1. Sismicità storica	24
7.2. Azione sismica.....	25
7.3. Pericolosità sismica	25
7.4. Stati limite.....	29
7.5. Categoria del sottosuolo	29

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

1. INTRODUZIONE

L'intervento in oggetto riguarda la possibilità di realizzazione da parte di Repower S.p.A. di un impianto eolico in località Galesano ricadente nei territori di Torre Santa Susanna e Mesagne, mentre le opere accessorie ricadono in territorio di Latiano, in provincia di Brindisi. Il progetto prevede l'installazione di n.6 aerogeneratori, per una potenza di 36 MW, comprensivo di un sistema di accumulo con batterie agli ioni di litio di potenza pari a 12,5 MW, per una potenza complessiva di 48,5 MW. Il sito è ubicato a nord-est del centro abitato di Torre Santa Susanna, dal quale l'aerogeneratore più vicino dista circa 4,3 km, a sud-est del comune di Latiano, dal quale l'aerogeneratore più vicino dista circa 3,6 km, e a sud-ovest del comune di Mesagne, dal quale l'aerogeneratore più vicino dista circa 4,4 km.

Il presente documento ha come oggetto la ricostruzione degli aspetti geologici dell'area, partendo da un inquadramento geologico preliminare regionale, fino ad arrivare a descrivere le peculiarità dell'area specifica interessata dal parco eolico. In questa fase progettuale non sono state effettuate indagini geognostiche ad hoc, le quali sono state rimandate allo stadio progettuale esecutivo. Nelle seguenti figure l'area di interesse è rappresentata su ortofoto dapprima l'interno di parte del territorio della provincia di Brindisi e successivamente nei territori comunali di Torre Santa Susanna, Latiano e Mesagne.

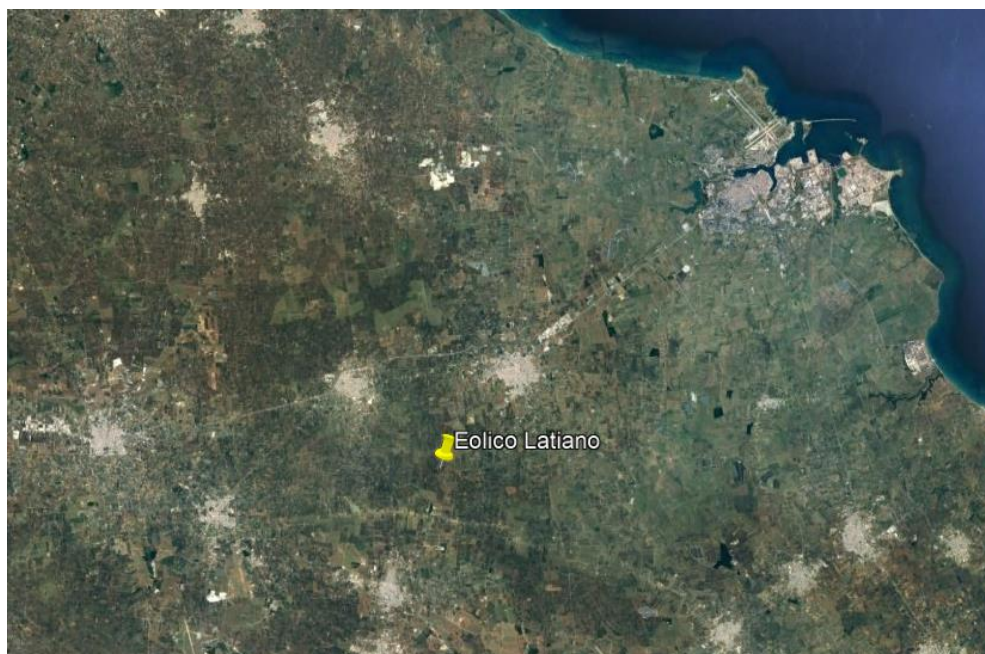


Figura 1 – Inquadramento nel territorio della provincia di Brindisi

Nello specifico, nella seguente figura è riportato un dettaglio delle componenti progettuali su ortofoto e su Carta Tecnica Regionale, sulle quale sono riportate le posizioni previste per la realizzazione delle torri eoliche, dell'area SAT di ENEL Green Power (in arancio) e la posizione della stazione SSE (in viola).

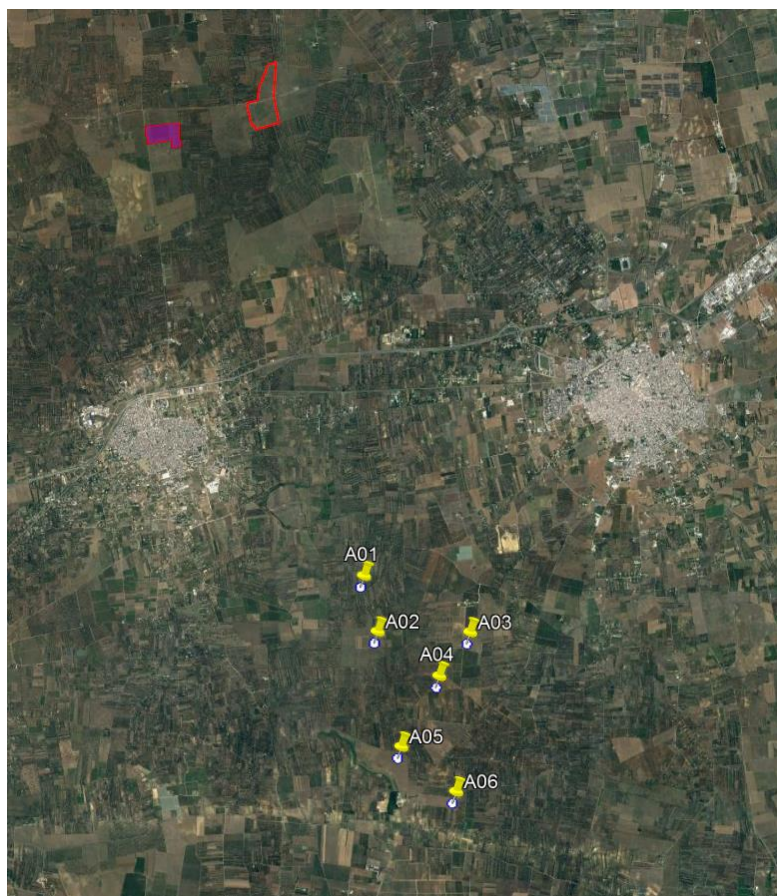


Figura 2 – Impianto eolico su ortofoto



Figura 3 – Impianto eolico su CTR Regionale

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area compresa tra i territori comunali di Torre Santa Susanna, Latiano e Mesagne secondo la classificazione del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale della Puglia nell'ambito della campagna brindisina. Tale ambito corrisponde alla quasi totalità della provincia di Brindisi, ed è caratterizzato da un bassopiano irriguo con superfici a seminativo, vigneto ed oliveto, senza pendenze significative e senza particolari segni morfologici di superficie.

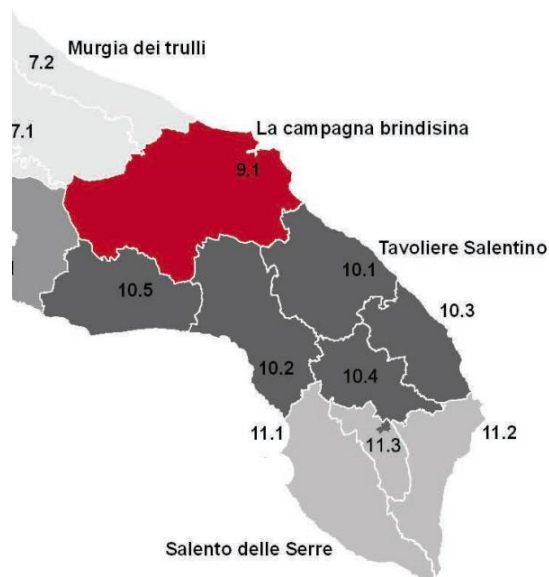


Figura 4 – Ambito della campagna brindisina (PPTR Puglia)

La pianura brindisina si estende da Brindisi verso l'entroterra sin quasi a ridosso delle Murge tarantine ed è compresa tra l'area delle Murge dei Trulli a nord-ovest ed il Tavoliere salentino a sud-est. L'area è caratterizzata da una intensa antropizzazione agricola, con prevalenza di oliveti a trama fitta, mentre lungo la fascia costiera si segnala la presenza di zone umide.

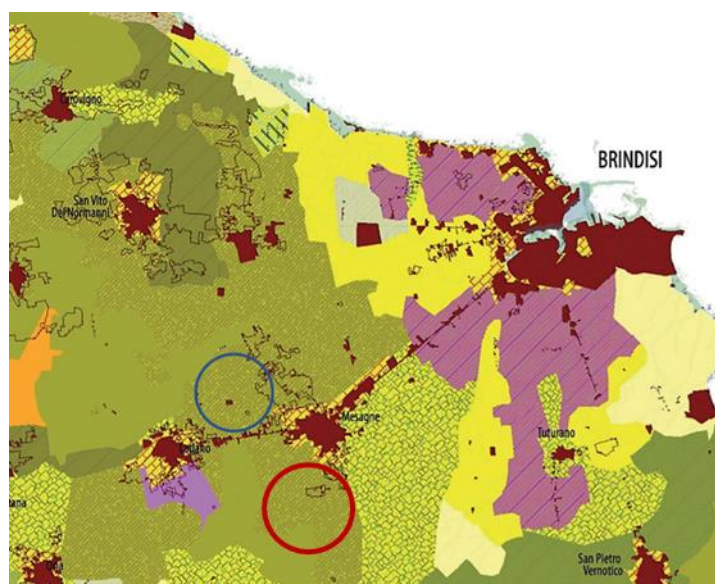


Figura 5 – Morfotipologie rurali (PPTR Puglia)

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1. Geologia

Le aree fisiografiche pugliesi appartengono ai tre domini strutturali del sistema orogenico dell'Appennino meridionale: Catena Appenninica (corrispondente alla porzione pugliese dell'Appennino Dauno), Fossa Bradanica comprendente il Tavoliere delle Puglie e la Fossa Premurgiana, l'Avampaese Apulo che, attualmente, corrisponde geograficamente al Promontorio del Gargano, all'Altopiano delle Murge ed alle Serre Salentine, con le aree depresse interposte. Dunque l'evoluzione geologico-strutturale della regione è fortemente connessa alle tappe evolutive della Catena Appenninica meridionale.

Partendo dal Paleozoico superiore fino al Triassico medio, sul margine settentrionale in lento abbassamento del paleocontinente africano, di cui l'area era una propaggine, si creò un'ampia piana alluvionale, causando la deposizione di un'ampia e spessa copertura detritica. Quindi, con il frammentarsi della Pangea, si costituì una piana tidale soggetta a ripetute variazioni del livello marino, con conseguente deposizione di depositi salini evaporitici, in prevalenza gessosi e carbonatici.

Dal Triassico superiore iniziò la migrazione dei continenti ed in questa fase si individuò una propaggine della Placca Africana, detta Placca Apula. Durante il Mesozoico la Piattaforma Apula fu interessata da un'attiva sedimentazione compensata dalla subsidenza in condizioni di bassofondo in un ambiente marino tropicale con acque poco profonde. La sedimentazione di piattaforma non avvenne sempre in condizioni di bassofondo, con periodi di parziale emersione dovuti sia a variazioni globali del livello marino, sia a deformazioni tettoniche, che provocarono blandi inarcamenti della piattaforma stessa. Una importante fase di emersione fu quella avvenuta nel Cretaceo superiore: in corrispondenza dell'intervallo Cenomaniano-Turoniano si instaurò, infatti, un lungo periodo di continentalità indotto da un sollevamento litosferico intraplacca, connesso alle fasi iniziali del processo di collisione tra la Placca Africana e quella Euroasiatica questa fase di emersione fu registrata con una lacuna stratigrafica, accompagnata da una discordanza angolare ad estensione regionale e, localmente, da depositi continentali bauxitici o sabbioso marnoso-argillosi.

Tra la fine del Cretaceo e l'inizio del Cenozoico, la Piattaforma Apula subì un ampio inarcamento, evolvendosi progressivamente in una vasta area emersa, mentre durante il Paleogene la sedimentazione carbonatica di piattaforma continuò saltuariamente sia sui margini della piattaforma che sui fondali antistanti, caratterizzati da evidenti lacune stratigrafiche e discordanze stratigrafiche nelle relative successioni sedimentarie, indotte da circoscritte ingressioni del livello marino connesse da fenomeni di natura locale (tettonici) o globale (eustatici). Tali successioni costituiscono lembi di esiguo spessore ed estensione, attualmente localizzati lungo la fascia costiera garganica e salentina, all'epoca depositatesi soprattutto in ambienti di piattaforma-scarpata e pendio e localmente, durante il Paleocene, in ambiente bacinale (Bosellini et alii, 1999; Graziano, 2001).

A partire dal Miocene inferiore, il settore crostale pugliese cominciò a subire gli effetti deformativi connessi alla formazione sia della Catena Appenninica, ad Ovest, che di quella Dinarica, ad Est, assumendo così il ruolo di Avampaese. Inoltre, durante le fasi di costruzione dell'Appennino, l'Avampaese Apulo assunse progressivamente l'inflessione ed il sottoscorrimento dei margini rivolti verso i fronti di avanzamento degli opposti edifici tettonici (Ricchetti & Mongelli, 1980), determinando così l'assetto morfostrutturale di pilastro tettonico (Horst), dislocato da faglie in diversi blocchi che subirono abbassamenti e sollevamenti relativi.

Un'estesa trasgressione marina caratterizzò la fine del Messiniano: gran parte delle aree emerse dell'Avampaese Apulo furono sommerse e si individuò la Fossa Bradanica. Durante il Pliocene superiore, mentre il fronte di accavallamento appenninico migrava verso Est, l'area in esame appariva come un vasto arcipelago, dove i blocchi sollevati costituivano delle isole rocciose calcaree, mentre i

blocchi ribassati corrispondevano a bracci di mare poco profondi; la Fossa Bradanica era quindi un bacino marino profondo. Lungo le coste di queste isole si depositavano sabbie e ghiaie carbonatiche, mentre argille emipelagiche si sedimentavano nei settori marini poco profondi a fronte dell'Appennino. Alla fine del Pliocene superiore e all'inizio del Pleistocene inferiore, a causa del lento e progressivo affondamento, molte delle isole furono sommerse dal mare e le aree marine poco profonde si ampliarono con la conseguente deposizione delle argille emipelagiche. La tappa finale dell'evoluzione geodinamica del territorio pugliese iniziò nel Pleistocene, quando l'Avampaese Apulo e la Fossa Bradanica cominciarono a sollevarsi a causa della locale resistenza alla subduzione della porzione pugliese della Placca Adriatica, caratterizzata da uno spessore maggiore della litosfera continentale (100-110 km) rispetto a quella adriatica (70 km). A partire da quell'istante, si registrarono variazioni del livello del mare correlate a fenomeni tettonici (sollevamento Piattaforma Apula e Fossa Bradanica) ed a cambiamenti climatici (intervalli glaciali ed intervalli interglaciali) che portarono alla deposizione di depositi regressivi costieri del Pleistocene inferiore-medio e di depositi marini terrazzati del Pleistocene medio-superiore, nonché di depositi alluvionali terrazzati pleistocenici.

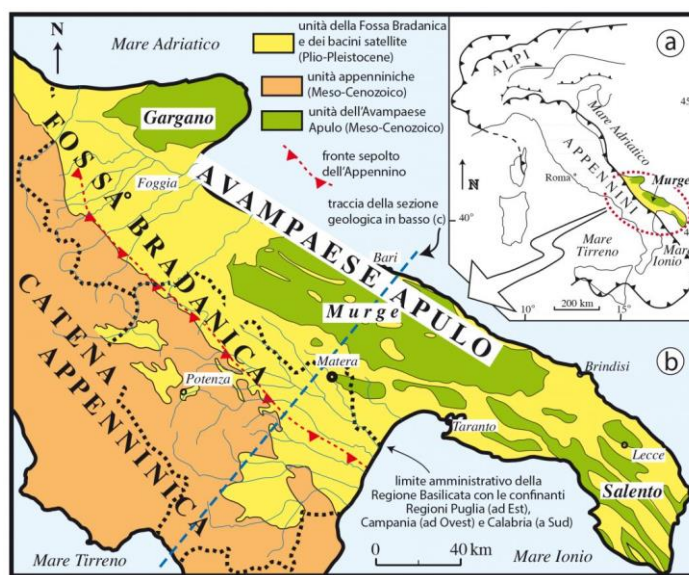


Figura 6 – Schema geologico dell'Italia meridionale (modificato da Pieri et al., 1997)

L'area in oggetto ricade nei territori comunali di Torre Santa Susanna, Latiano e Mesagne, i quali rientrano nel distretto geologico della Penisola Salentina, all'interno del quale si trovano nell'estrema porzione settentrionale. Dal punto di vista geologico, il Salento rappresenta il settore più meridionale dell'avampaese apulo, confinante con le Murge a nord-ovest e circondato dal Mare Adriatico ad est e dal Mar Ionio ad ovest. L'area di interesse ricade nel foglio 203 Brindisi della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000. Di seguito si riporta schema geologico dell'Italia meridionale, in cui sono riportate le diffusioni areali delle unità dell'Avampaese Apulo, della Fossa Bradanica e della Catena Appenninica.

L'area del foglio Brindisi, assieme a quelle dei fogli adiacenti Lecce e Maruggio, è caratterizzata da un'impalcatura geologica costituita esclusivamente dal Cretacico, rappresentato dalle Dolomie di Galatina (Cenomaniano e probabilmente Turoniano inferiore) e dai Calcari di Melissano (Cenomaniano – Senoniano). Al Cretacico si addossano lungo scarpate, o si sovrappongono in trasgressione, sedimenti miocenici rappresentanti la tipica "pietra leccese" e le Calcareniti di Andrano. Notevole diffusione hanno anche i sedimenti

marini pliocenici e quaternari, rappresentati dalle Calcareniti del Salento, anch'esse trasgressive sui depositi cretaci e miocenici. I depositi continentali sono, invece, esclusivamente olocenici e sono rappresentati dai depositi sabbioso-argillosi, dalle dune sabbiose della fascia costiera e dalla copertura eluviale a "terra rossa" dell'interno.

Per quanto concerne l'area di interesse, di seguito si riporta uno stralcio della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000, foglio 203 Brindisi e stralcio della sezione geologica schematica estratta dal medesimo foglio della carta geologica.

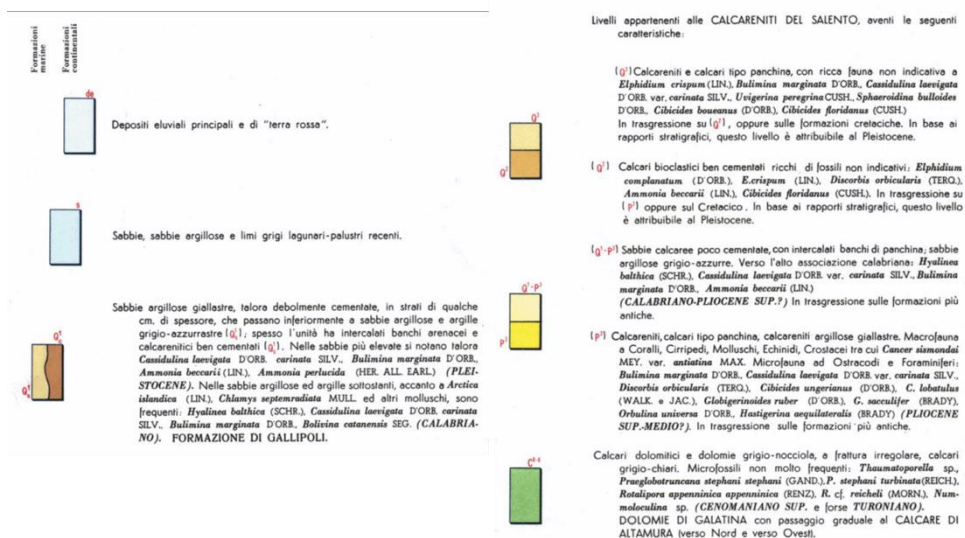
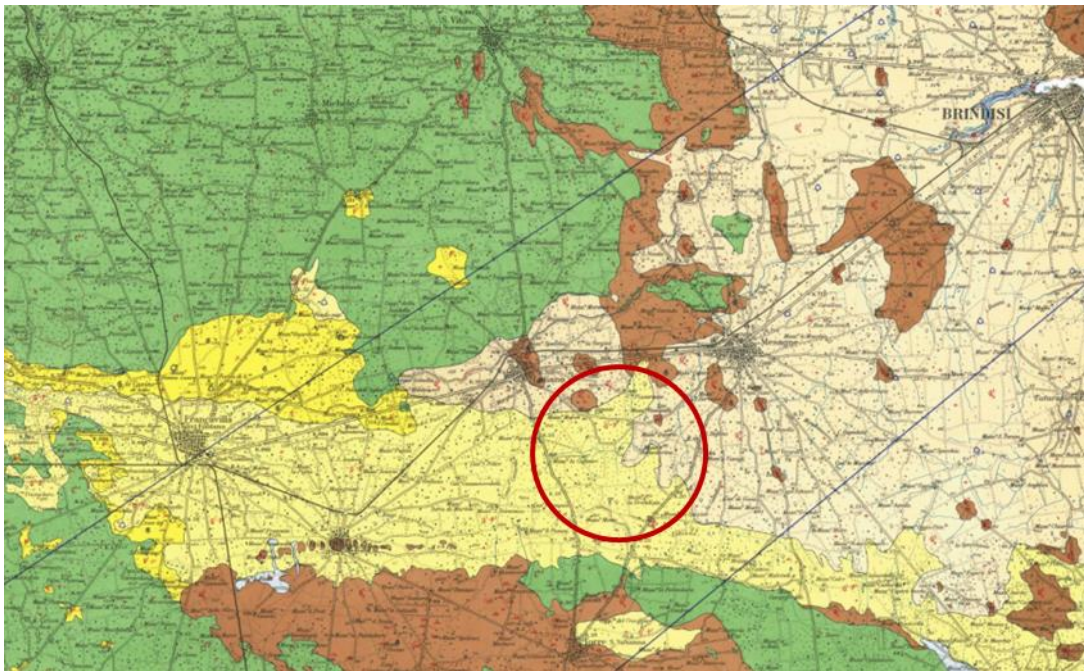


Figura 7 – Stralcio carta geologica d'Italia e legenda litologica – foglio 203 Brindisi (fonte: ISPRA)

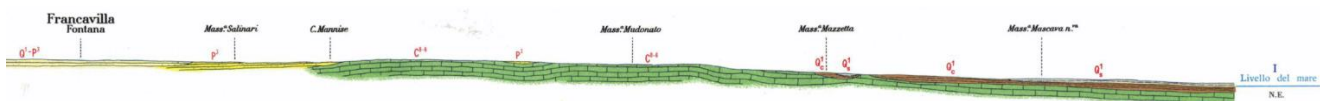


Figura 8 – Sezione geologica piana brindisina

La successione stratigrafica relativa all'area in esame è costituita dalle seguenti formazioni, dalla più antica alla più recente:

- **Dolomie di Galatina con passaggio graduale al Calcare di Altamura (C⁸⁻⁶)** (Cretaceo)

Queste rappresentano la formazione più antica dell'area e sono costituite da dolomie e calcari dolomitici grigi e talora bituminosi, calcari micritici chiari, calcari ad intraclasti, calcari a pellets, calcari a bioclasti e breccie calcaree. Nel foglio Brindisi si ha predominanza dei calcari. Da numerosi studi paleontologici è stato possibile datare la formazione al Cenomaniano Superiore e forse al Turoniano. L'ambiente di deposizione di questa formazione è quello di piattaforma carbonatica, di mare sottile con eventuali episodi di emersione.

- **Formazione di Gallipoli (Q^{1c} – Q^{1s})** (Calabriano)

La formazione è costituita da sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche centimetro di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre. Spesso nell'unità si rinvenivano banchi arenacei e calcarenitici ben cementati. La formazione di Gallipoli è rappresentata da due litotipi fondamentali, le marne argillose alla base e le sabbie più o meno argillose in sommità. Le marne argillose hanno generalmente comportamento plastico e sono poco stratificate, ed andando verso l'alto la componente marnoso-argillosa tende a diminuire, lasciando spazio gradualmente a sabbie vere e proprie, stratificate e parzialmente cementate.

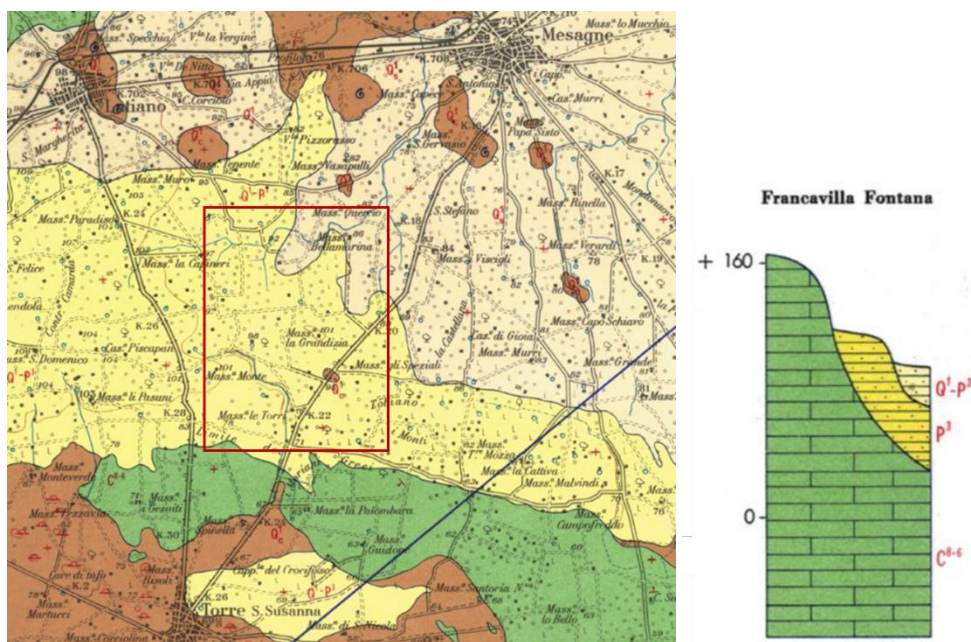


Figura 9 – Stralcio carta geologica d'Italia – dettaglio dell'area di progetto e colonna stratigrafica attigua all'area di progetto (fonte: ISPRA)

La colonna stratigrafica sopra riportata riporta l'accostamento tra sabbie calcaree e calcareniti lungo scarpate formate da terreni più antichi cretaci-miocenici, tipico della Penisola Salentina. Questo è stato interpretato come un accostamento originario dovuto alla presenza di terre emerse delimitate da scarpate marine attive nel periodo di tempo corrispondente all'età dei sedimenti accostati.

Analizzando i dati relativi alle litologie affioranti, estratti dal SIT della Regione Puglia e riportati in stralcio nella seguente figura, per il sito in esame si ha che le sei torri eoliche ricadono in aree interessate da depositi a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica, mentre la SSE ed il SAT di ENEL Green Power, ricadono nell'area caratterizzata da affioramenti di unità prevalentemente

calcareae o dolomitiche. Un'altra formazione abbondante nella zona è quella costituita dall'unità a prevalente componente arenitica, sulla quale però non si prevede di realizzare alcuna opera.

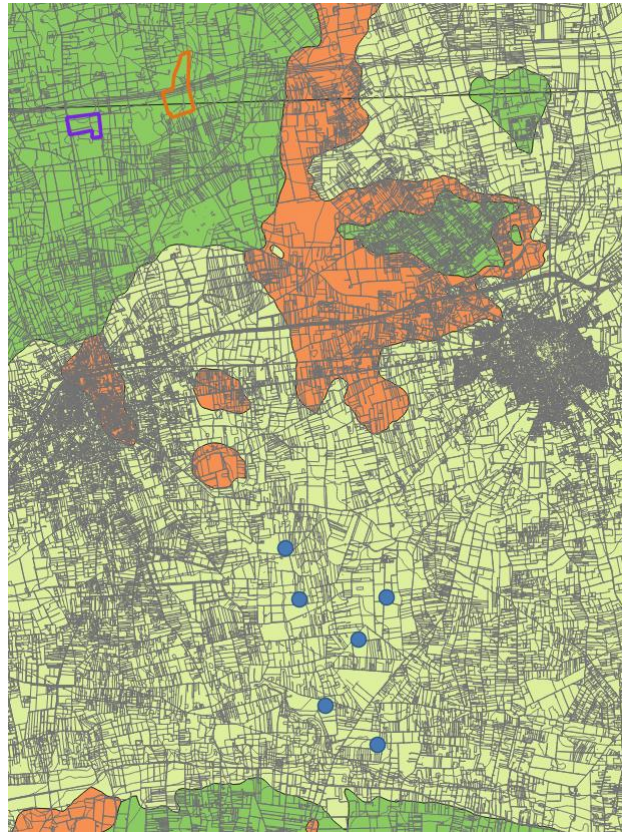


Figura 10 – Stralcio carta litologica (fonte: SIT Puglia)

Per quanto concerne le giaciture degli strati, si riporta di seguito un sommario delle misure riportate:

- | | |
|--|--|
| • Unità calcarea/dolomitica | strati sub-orizzontali (giaciture 0° - 10°); |
| • Unità a prevalente componente arenitica | strati sub-orizzontali (giaciture 0° - 10°); |
| • Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica | strati sub-orizzontali (giaciture 0° - 10°). |

3.2. Geomorfologia

La morfologia dell'area brindisina è caratterizzata dalle cosiddette "serre", nonché dorsali, alture ed altipiani, che raramente si alzano più di qualche decina di metri sopra le aree circostanti, le quali coincidono con alti strutturali con affioranti le formazioni più antiche, cretache o mioceniche. Le alture sono delimitate da scarpate che hanno generalmente inclinazione non superiore a 20° e spesso inferiore a 10°, con direzione complessiva NO-SE, ma con frequente sinuosità di ampiezza variabile.

In generale si segnala una corrispondenza generale tra morfologia del terreno ed il relativo andamento strutturale: le antiche linee di costa si conservano sotto forma di scarpate, le anticlinali rappresentano le zone sopraelevate, mentre le sinclinali costituiscono le zone più depresse. Lo schema strutturale-stratigrafico descritto trova rappresentazione nella seguente figura, tratta dalle Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Fogli 203, 204, 213 Brindisi – Lecce – Maruggio, rappresentante l'assetto strutturale tipico dell'area.



Figura 11 – Schema indicativo dei rapporti stratigrafici (D. Rossi)

La natura carbonatica di diverse formazioni della zona rende necessaria la trattazione del tema del carsismo, rappresentante l'attività chimica dissolutiva e costruttiva esercitata dall'acqua soprattutto su rocce calcaree. La fase dissolutiva è operata dall'acqua resa acida dall'anidride carbonica presente nell'atmosfera, e può essere superficiale o sotterranea, mentre la fase costruttiva è definita dall'acqua arricchita fino alla saturazione di carbonato acido di calcio la quale, sfociando in un ambiente ipogeo quale può essere quello di una grotta, rilascia il suddetto carbonato di calcio in forma insolubile, formando stalattiti o stalagmiti. Come anticipato, i fenomeni legati al carsismo si verificano maggiormente in rocce calcaree, quindi nell'area di progetto interessano esclusivamente queste formazioni. Tale differenziazione risulta evidente anche nel seguente stralcio di carta morfologico-strutturale dell'area, tratta da "Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa", allegato alle Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. XCII- Tav.2.

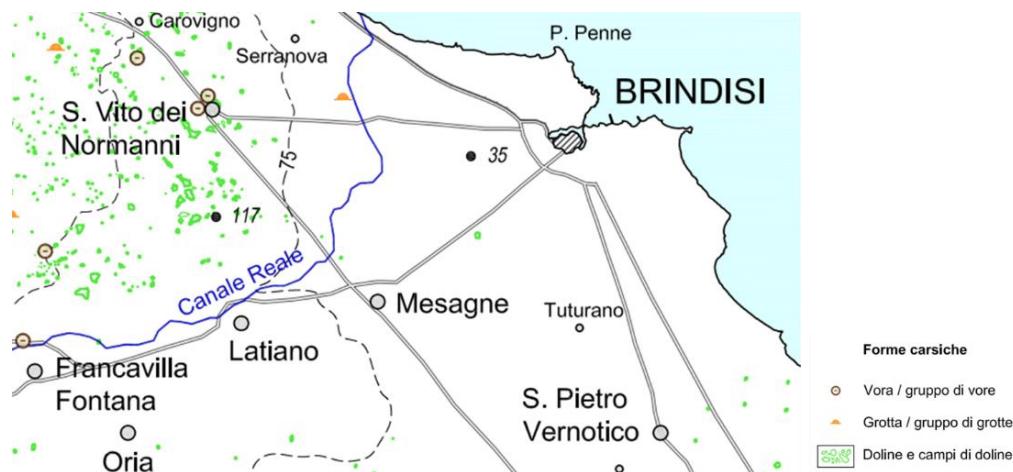


Figura 12 – Carta morfologico-strutturale (da Cotecchia)

L'area nel settore nord-occidentale rispetto ai comuni di Latiano e Mesagne, caratterizzata da calcare affiorante, è caratterizzata dalla presenza di numerose doline, vore o inghiottitoi e grotte, singole o a gruppi/campi. La dolina è una conca chiusa causata da fenomeni di subsidenza carsica e sprofondamento, anche detta sinkhole, e si verifica essenzialmente a causa di fenomeni di collassi di volte di grotte preesistenti, crolli graduali di pareti di doline in formazione, cedimenti di depositi di riempimento. Da quanto esposto dalle cartografie inerenti, tra cui la carta idrogeomorfologica del SIT Puglia, risulta che i dintorni dell'area di progetto non dovrebbero essere interessati da fenomeni carsici, rappresentati con retini azzurri sulla carta litologica, vista l'assenza di calcare affiorante. Naturalmente mediante esecuzione di sondaggi nell'area di impianto si verificherà la profondità di affioramento del substrato e l'eventuale presenza di forme carsiche profonde.

Infine, si riporta l'area di progetto, per la quale sono indicate le n.6 torri eoliche, l'area SAT di Enel Green Power, in arancio, e la SSE in viola, su base cartografica tecnica regionale (CTR) e Modello Digitale del Terreno (DTM), estratto dai dati forniti dal SIT della Regione Puglia, avente quota massima (marrone) e minima (verde) rispettivamente pari a circa 137 e 38 metri sul livello del mare.

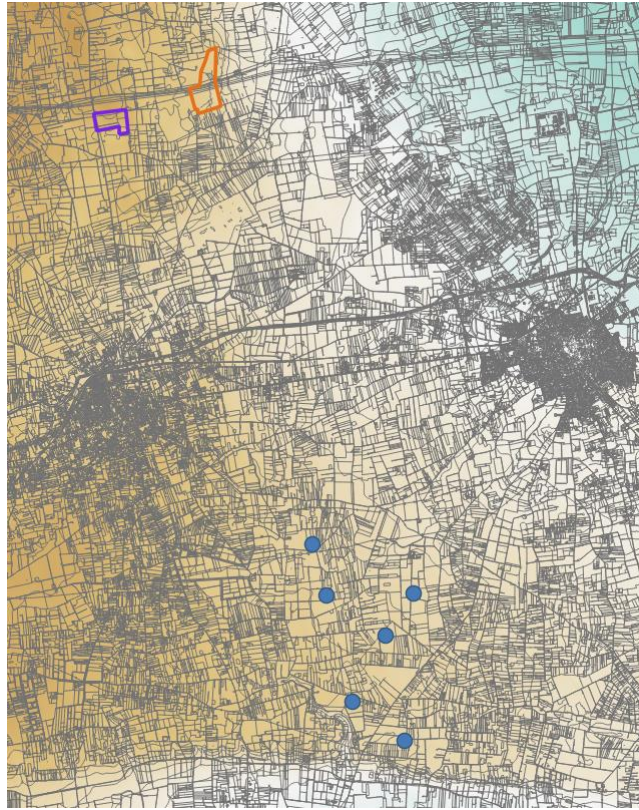


Figura 13 – Area di progetto su CTR e DTM

3.3. Tettonica

Dal punto di vista strutturale, l'area salentina è rappresentata da un blocco avente orientamento NO-SE, dislocato da numerose faglie dirette in una serie di blocchi sub-paralleli: nel settore nord-orientale dell'area prevalgono faglie dirette e subverticali, orientate NO-SE e N-S, mentre il settore sud-occidentale risulta essere più deformato ed articolato, con pieghe ad ampio raggio di curvatura con direzione delle superfici assiali NNO-SSE e deformazioni duttili con direzione ENE-OSO e NE-SO del piano assiale, ed immersione a NO. In quest'ultimo settore la tettonica disgiuntiva è rappresentata da faglie dirette, trascorrenti e oblique di direzione NNO-SSE e NO-SE. Spostandosi dall'area sud-occidentale a quella nord-orientale le faglie dirette diventano progressivamente sempre più frequenti, fino a diventare preponderanti. Dunque, l'assetto strutturale è rappresentato da blocchi, le Serre Salentine, e depressioni, separati da faglie NNO-SSE.

Focalizzando l'attenzione sull'area in oggetto, la dolce morfologia trova corrispondenza nel fatto che i piegamenti che hanno colpito le formazioni affioranti sono piuttosto blandi. Nella parte nord-occidentale del foglio Brindisi si ha un esteso lembo cretacico, terminazione meridionale delle Murge baresi, con strati che immergono costantemente verso sud o sud-est. Gli affioramenti cretaccici rappresentano gli alti strutturali, data la loro rappresentanza degli strati più esterni di anticlinali ad asse ondulato diretto secondo NO-SE.

Di seguito si riporta stralcio della Carta Geologico-Strutturale Tavola 1 allegata alla "Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. XCII", rappresentante nell'area di interesse i principali lineamenti tettonici. Si nota come, nello specifico, l'area in oggetto sia interessata sostanzialmente da due sistemi di faglie perpendicolari tra loro, uno sviluppato lungo la direzione NE-SO e l'altro in direzione NO-SE.

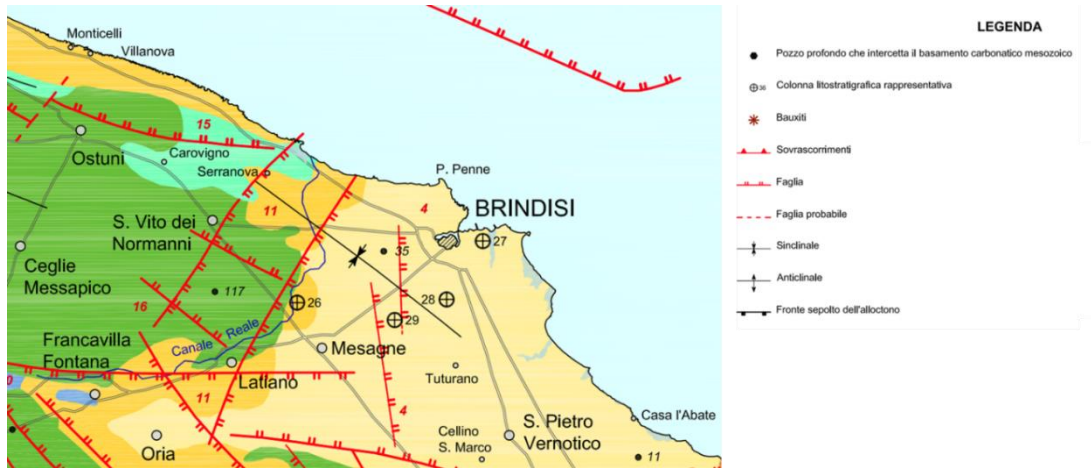


Figura 14 – Stralcio carta geologico-strutturale (da Cotecchia)

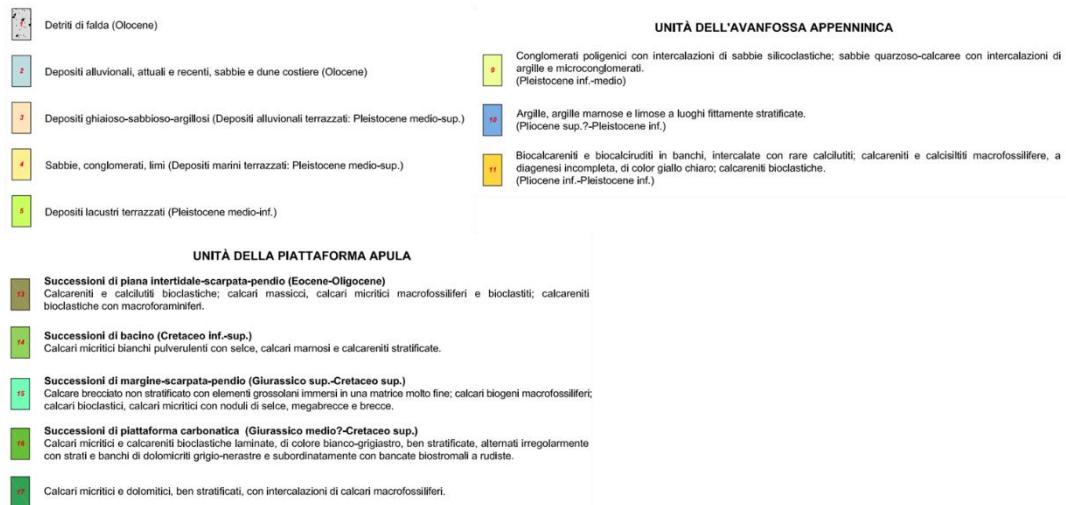


Figura 15 – Stralcio carta geologico-strutturale - legenda (da Cotecchia)

Infine, dalla consultazione del Catalogo delle faglie capaci (ITHACA), risulta che l'area in esame, così come la totalità della provincia di Brindisi e della Penisola Salentina in generale, non è attraversata da faglie capaci, definite tali in quanto ritenute in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione o dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.

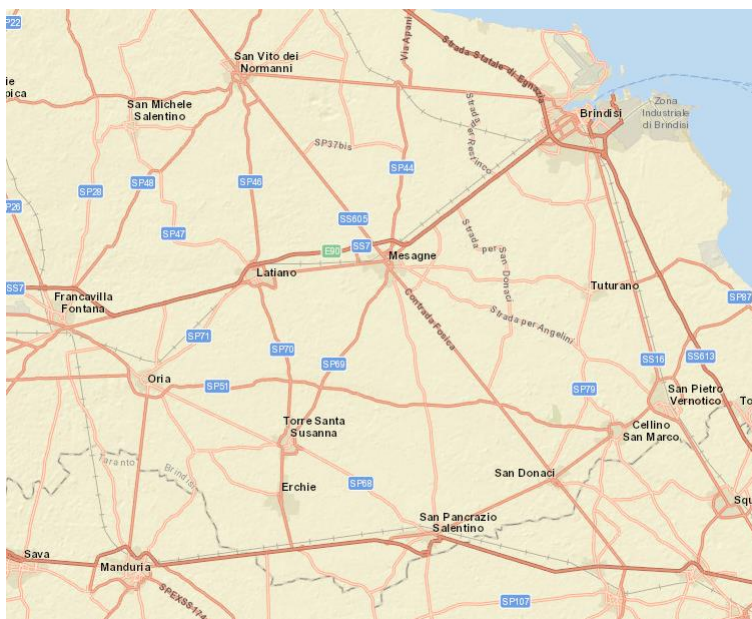


Figura 16 – Faglie capaci (Progetto ITHACA)

L'assenza di faglie capaci ha conferma anche nell'assenza di sorgenti sismogenetiche nella totalità dell'area salentina, come rappresentato dalla seguente figura, estratta dal DISS "Inventario delle sorgenti sismogenetiche" dell'INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: 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-DISS3.2.1.).

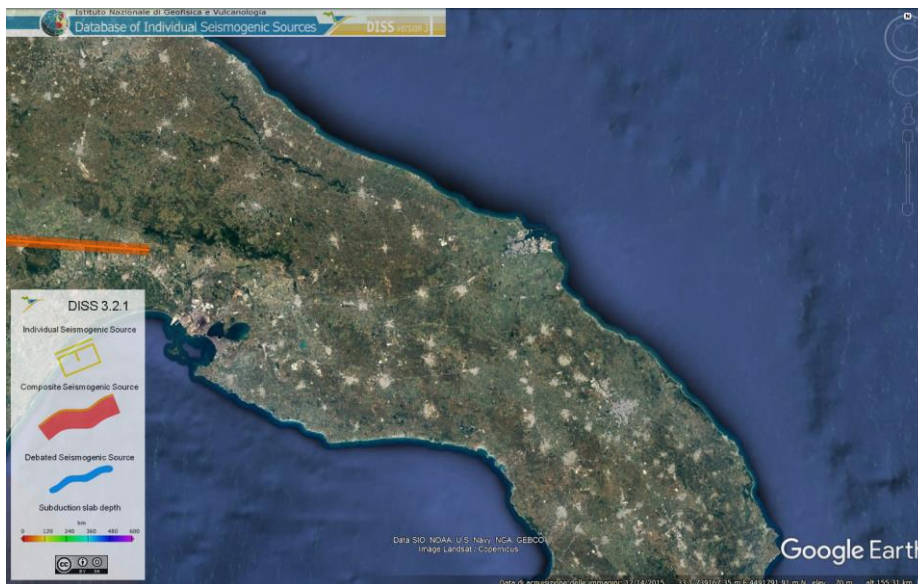


Figura 17 – Sorgenti Sismogenetiche (DISS Working Group)

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sotto il profilo idrogeologico la regione Puglia presenta una forte complessità, legata ad ambienti variegati ed estesi. In generale, si può affermare che le caratteristiche geologiche, strutturali e morfologiche della regione hanno consentito la formazione di cospicui corpi idrici sotterranei, contenuti fondamentalmente nelle successioni carbonatiche mesozoiche e, solo in subordine, mioceniche e quaternarie. Le maggiori riserve idriche sono contenute nei corpi carbonatici e le piogge costituiscono l'unica fonte di alimentazione delle falde regionali, appartenenti sia ai corpi acquiferi estesi e profondi del mesozoico, sia ad acquiferi minori, presenti in formazioni di età miocenica o quaternaria.

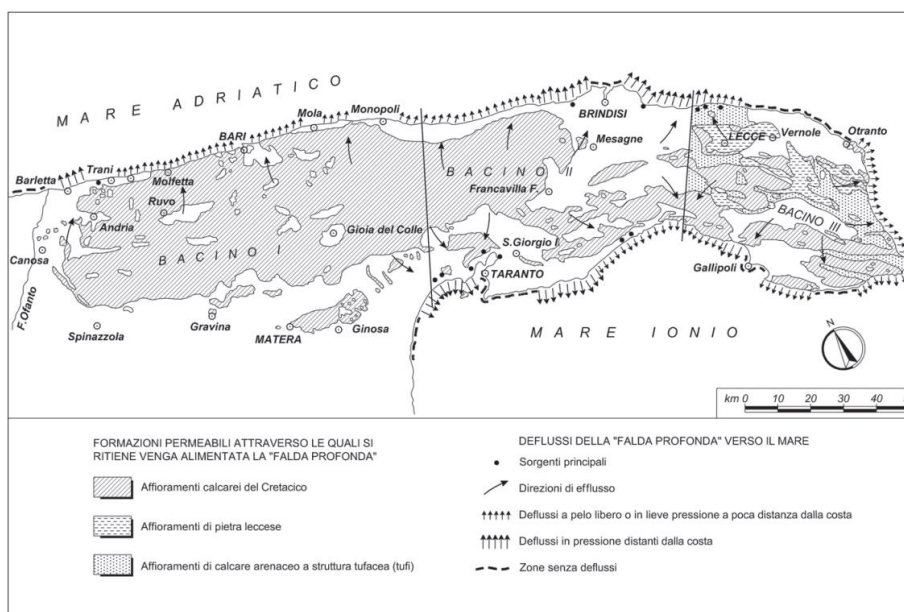


Figura 18 – Carta idrogeologica a scala regionale (Murgia e Salento) (da Cotecchia et al., 1957)

Le aree idrogeologiche regionali sono le seguenti:

- Gargano;
- Tavoliere;
- Murgia;
- Piana di Brindisi;
- Arco Ionico Tarantino;
- Salento.

La zona in esame dei comuni di Latiano, Mesagne e Torre Santa Susanna fa parte della Piana di Brindisi, rappresentata da una vasta depressione strutturale costituitasi a seguito del graduale abbassamento del basamento carbonatico mesozoico che si spinge sino al litorale adriatico, laddove, a seguito di distinte fasi eustatico-tettoniche, è stato sepolto dai sedimenti del ciclo della Fossa Bradanica e dai Depositi marini terrazzati. La morfologia dell'area è espressa da superfici terrazzate digradanti verso il Mare Adriatico con modeste cadute di pendio in corrispondenza di antiche linee di costa.

La Piana di Brindisi rientra nell'unità fisiografica delle Murge, all'interno della quale però si distingue per particolari condizioni geostutturali che caratterizzano i calcari mesozoici ed i loro rapporti con le formazioni geologiche più recenti, determinando peculiari condizioni idrogeologiche. La stratigrafia della zona permette la presenza di una falda acquifera superficiale. La base di tale acquifero superficiale è costituita da argille pleistoceniche, poggianti su calcari fratturati e carsici del Cretaceo, nei quali ha invece sede l'acquifero profondo, in continuità con quello che impegna l'intera piattaforma apula, il quale si alimenta dall'altopiano murgiano e fluisce verso il mare in pressione, con una cadente piezometrica generalmente inferiore all'1‰. Al tetto della formazione carbonatica, fra la stessa e le argille predette, si rinviene talora la formazione delle Calcareniti di Gravina, la cui prevalente impermeabilità contribuisce ad una circolazione idrica confinata nell'acquifero profondo.

L'efflusso a mare della falda profonda avviene spesso in punti distanti dalla linea di costa a causa della presenza della copertura argillosa impermeabile lungo la fascia costiera e sui fondali marini prossimi alla linea di costa stessa. Questa situazione costringe le acque sotterranee a circolare in pressione ed emergere talora oltre la costa sui fondali marini. È evidente che nella situazione descritta un forte condizionamento derivi dall'intrusione marina, con conseguente spiccata stratificazione salina delle acque sotterranee profonde. In prossimità della costa, ed in particolare dell'abitato di Brindisi, i calcari acquiferi degradano rapidamente sotto alla quota del mare rendendo così le acque spesso fortemente salmastre, mentre nelle porzioni più interne della Piana, dove i calcari di base hanno quote maggiori del livello marino, si riscontra invece una discreta qualità delle acque sotterranee.

Di seguito si riportano le caratteristiche di permeabilità degli acquiferi presenti nella zona in esame:

- Acquiferi carbonatici mesozoici: sono rappresentati da calcari e calcari dolomitici permeabili per fratturazione e carsismo. In genere sono interessati da fratture originatesi per tettonica che, intersecandosi con i giunti di strato, danno vita ad un sistema irregolare di fessure all'interno del quale si ha la circolazione idrica. I fenomeni carsici causano un allargamento delle fratture, determinando così un generale aumento della permeabilità. L'azione solvente delle acque dipende da diversi fattori, quali l'intensità delle piogge, caratteristiche del moto di circolazione idrica, composizione chimica e stato di fratturazione della roccia, e da ciò ne deriva che la permeabilità della formazione calcarea varia nel contesto regionale, raggiungendo i valori massimi nel Salento ed i minimi nelle aree interne della Murgia.
- Acquiferi plio-quadernari: questi acquiferi sono costituiti da depositi quadernari alluvionali permeabili per porosità. Generalmente la permeabilità è medio-bassa e variabile a seconda della granulometria dei terreni e delle loro condizioni litologiche e stratigrafiche. Infatti, tali acquiferi mostrano una elevata anisotropia ed eterogeneità da sito a sito.

Per quanto concerne l'area di progetto, la carta idrogeologica dell'area riportata di seguito, tratta da "Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa", allegato alle Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. XCII- Tav.4, evidenzia una presunta quota di isopiezica media della falda profonda pari a 5 metri sul livello del mare, mentre per quanto concerne la salinità della falda questa si attesta tra 0,5 ed 1,0 g/l in prossimità del comune di Latiano, mentre spostandosi verso il comune di Mesagne, e quindi verso la costa, tale valore aumenta fino ad essere compreso tra 1,0 e 2,5 g/l.

L'assenza di rete idrografica superficiale rende molto basso il pericolo idrogeologico nell'area di interesse, come rappresentato da estratto cartografico del portale IdroGEO dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, nonostante nelle vicinanze siano cartografate aree a pericolosità P3 da alluvioni, probabilmente legate ad eventi pluviometrici di rilevante entità che causano il rapido accumulo di acqua in aree con particolari caratteristiche topografiche o caratterizzate da maggiore impermeabilità dei terreni.

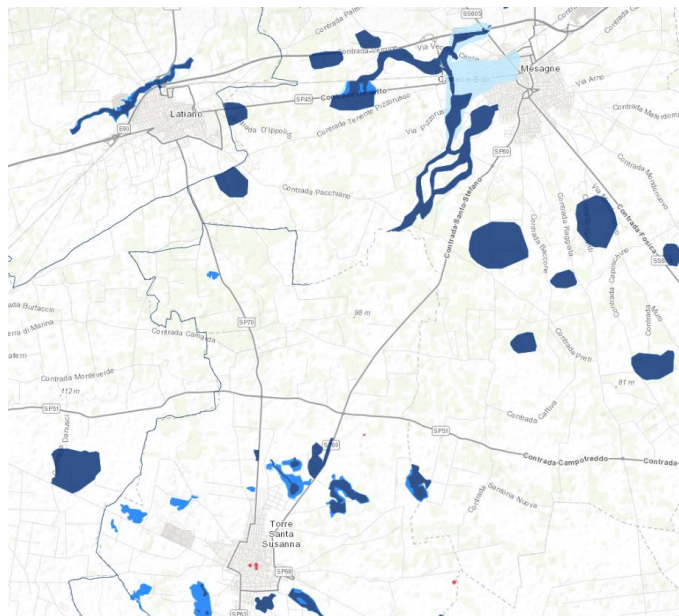


Figura 21 – Pericolosità idrogeologica (fonte IdroGEO – ISPRA)

Inoltre, di seguito si riporta estratto cartografico del Geoportale Nazionale relativo alle aree a potenziale rischio significativo di alluvioni. Come si può notare, le aree direttamente interessate dalle opere non sono classificate come a rischio, seppure nelle aree immediatamente a sud delle stesse sono presenti aree reputate a rischio con tempo di ritorno ≤ 500 anni.



Figura 22 – Aree a potenziale significativo rischio alluvioni (fonte Geoportale Nazionale – ISPRA)

Infine, data la presenza nel sottosuolo di depositi carbonatici soggetti a possibili fenomeni carsici le cui evidenze, tra l'altro, sono già segnalate dalle cartografie ufficiali, si raccomanda in fase di progettazione esecutiva di eseguire una campagna di indagini dettagliata, al fine di poter escludere fenomeni di dissesto durante le operazioni di cantiere legate al crollo di cavità carsiche.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nella presente fase progettuale non è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche ad hoc, scegliendo di impostare la progettazione delle opere su base cautelativa, partendo dalle conoscenze pregresse dell'area. Si è però scelto di indagare mediante profilo sismico a rifrazione MASW l'area della sottostazione, i cui risultati sono di seguito esposti.

5.1. MASW

Ai fini della determinazione della categoria di suolo, in ottemperanza delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, è stata svolta n.1 indagine geofisica in territorio di Latiano per la definizione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche dei terreni presenti nella zona di realizzazione della stazione SSE. Mediante un profilo di sismica a rifrazione con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), si è proceduto quindi a ricavare il parametro VS equivalente ($V_{s_{eq}}$) sia in un'area in adiacenza al parco eolico che nella zona della futura sottostazione.

La procedura MASW rappresenta un sistema d'indagine indiretta, non invasiva, del sottosuolo. Essa si basa sulla determinazione delle onde di superficie mediante un profilo sismico: sul terreno vengono disposti dei geofoni ad intervallo costante, collegati ad un sismografo, i quali registrano l'impulso causato da una vibrazione generata artificialmente. Il contributo maggiore è dato dalle onde di Rayleigh, la cui velocità di trasmissione è legata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato come qualsiasi sottosuolo investigato, si verifica la dispersione, secondo cui le onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo.

L'elaborazione dei dati acquisiti mediante MASW si riconduce a quattro fasi:

- trasformazione delle serie temporali registrate nel dominio frequenza (f) – numero d'onda (k), mediante trasformata di Fourier;
- individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali di energia, in modo da risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs, andando a modificare opportunamente i valori di spessore, densità di massa e velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp degli strati costituenti il sottosuolo investigato;
- modifica della curva teorica fino al raggiungimento del fit ottimale tra la curva di dispersione teorica e quella sperimentale.

La MASW è stata realizzata utilizzando 24 geofoni con frequenza propria di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2.0 metri, definendo uno stendimento di 46 metri. Di seguito si riportano la planimetria delle indagini MASW eseguite ed i risultati ottenuti.

MASW – SSE Latiano

I parametri dinamici del terreno ed il modello di velocità delle onde S per il sito in esame sono i seguenti:

Strato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Vp stimata (m/s)	Stima densità (gr/cm ³)	Stima mod. Poisson (-)	Stima modulo di taglio (MPa)	Stima modulo compressione (MPa)	Stima modulo Young (MPa)	Stima modulo Lamè (MPa)
1	1383	14,1	2487	2,28	0,28	4353	8272	11109	5370
2	1753	4,4	3078	2,33	0,26	7153	12515	18025	7747
3	2005	4,3	3486	2,36	0,25	9480	16017	23753	9697
4	2230	Inf.	3881	2,38	0,25	11857	20104	29728	12199

Figura 23 – MASW SSE Latiano: parametri dinamici del terreno

Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	2487	1383	14,1
2	3078	1753	4,4
3	3486	2005	4,3
4	3881	2230	Inf.

Figura 24 – MASW SSE Latiano: modello di velocità delle onde S

Alla luce dei risultati sopra esposti e di quanto definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/18), per il sito ricadente all'interno dell'area del parco eolico si ha il seguente valore di $V_{s,eq}$:

$V_{s,eq} = 1660 \text{ m/s}$

6. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Come anticipato, in questa fase progettuale si è scelto di non eseguire una campagna di indagini geognostiche, rimandando tali studi all'eventuale fase di progettazione esecutiva, ad autorizzazione concessa. Si è dunque deciso di ricostruire il modello stratigrafico del sito dove dovrebbero essere realizzate le fondazioni delle torri eoliche basandosi sui dati deducibili dalla cartografia geologica ufficiale della zona e sulle esperienze dirette nei dintorni dell'area di studio.

Analizzando la carta geologica della zona si evince come per l'area prescelta non vi siano affioramenti litoidi e che il substrato roccioso calcareo sia sito ad una profondità non facilmente valutabile in assenza di verticali di indagine. Nello specifico, data la presenza di calcare affiorante a Nord nella zona della stazione SSE ed immediatamente a Sud dell'area di impianto, si è in corrispondenza di un graben, un'area morfologicamente depressa, limitata da faglie dirette, rispetto ai vicini horst rappresentati dai calcari affioranti. In tale contesto geologico e tettonico risulta abbastanza cautelativo considerare che in profondità il bedrock affiori a profondità tra i 20 ed i 30 metri. Al di sopra del substrato calcareo nella zona si rinvencono unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica, i quali assieme alle calcareniti si sono depositate lungo le scarpate determinate dagli elementi tettonici sopra citati durante una fase di emersione delle terre. Considerando tutto ciò, ai fini della progettazione preliminare delle strutture in oggetto, si è deciso di considerare la condizione più svantaggiosa possibile, e quindi più cautelativa. Si è quindi definito il seguente modello geologico di partenza, nel quale si hanno depositi siltoso-sabbiosi per i primi 25 metri di sottosuolo.

Profondità (m)		Descrizione litologica
0,0	25,0	Depositi a prevalente componente siltoso-sabbiosa

Figura 25 – Modello geologico cautelativo area impianto eolico

Si sottolinea come durante un'eventuale fase di progettazione esecutiva sarà necessario approntare un dettagliato piano di indagini geognostiche atto a definire nella maniera più precisa possibile il modello geologico e stratigrafico dell'area.

Partendo dall'ipotetico modello geologico precedentemente definito, si è quindi andati a caratterizzare dal punto di vista geotecnico i depositi previsti. A tal proposito si sono utilizzati dei valori cautelativi per i depositi in esame, ottenuti da dati di letteratura o da informazioni dedotte da indagini svolte in passato in aree attigue a quella di progetto. Ancora una volta si sottolinea come tale caratterizzazione sia stata ipotizzata per una progettazione preliminare e cautelativa delle strutture: in fase esecutiva sarà necessario prevedere la realizzazione di una quantità di prove sufficienti a caratterizzare dettagliatamente l'effettiva stratigrafia identificata.

UG1	Profondità (m)		γ (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)	E (MPa)
	0	25	20,5	25	3	31	50

Figura 26 – Caratterizzazione geotecnica UG1

Per quanto concerne il livello di falda, si prevede che questo insisterà all'interno della formazione calcarea profonda. Non avendo però indicazioni dirette a riguardo, in questa fase in via cautelativa si è deciso di considerare il livello di falda a circa 10 metri dal piano campagna, dato coerente con misure dirette effettuate a qualche chilometro di distanza dall'area in esame.

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

7.1. Sismicità storica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2015 ha prodotto il Database Macrosismico Italiano (*Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>*), il quale fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale dall'anno 1000 al 2014, aventi intensità massima ≥ 5 .

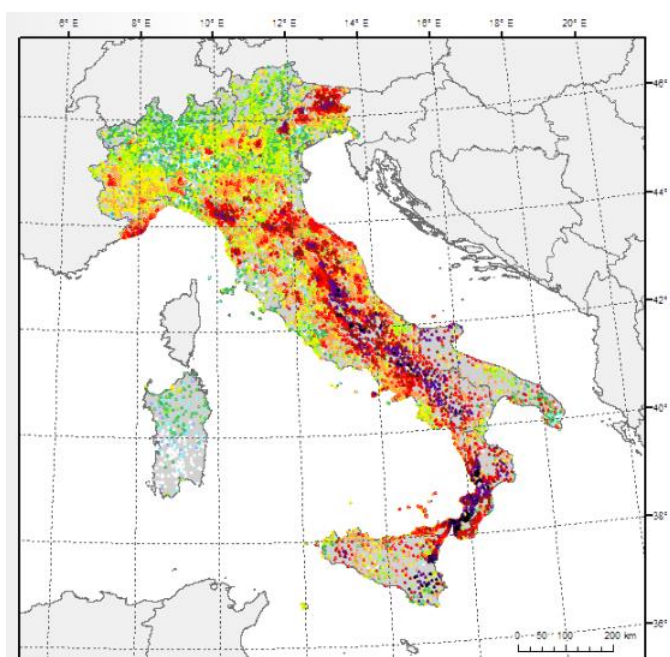


Figura 27 – Distribuzione delle intensità massime osservate sul territorio italiano (fonte: DBMI15)

Riducendo la ricerca al solo comune di Torre Santa Susanna si ha che lo stesso è stato interessato da 3 eventi sismici, dal 1627 al 1990, con la relativa magnitudo momento M_w massima pari a 6.81, riferita al terremoto dell'Irpinia-Basilicata del 1980.

Torre Santa Susanna



PlaceID	IT_62645
Coordinate (lat, lon)	40.465, 17.740
Comune (ISTAT 2015)	Torre Santa Susanna
Provincia	Brindisi
Regione	Puglia
Numero di eventi riportati	3

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	M_w
NC	1627	07	30	10	50		Capitanata	64	10	6.66
5	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77

Figura 28 – Estratto storia sismica comune di Latiano (fonte: DBMI15)

Altra importante fonte per definire la sismicità di una determinata zona è la Zonazione Sismogenetica ZS9, la quale utilizzando modelli geodinamici e sismotettonici, oltre ad un aggiornato catalogo sismico, individua le aree sismogenetiche del territorio italiano. Come si evince da tale zonazione, il comune di Latiano non risulta essere inserito in alcuna zona sismogenetica, mentre le più prossime sono la 926 "Basento" e la 931 "Canale d'Otranto".

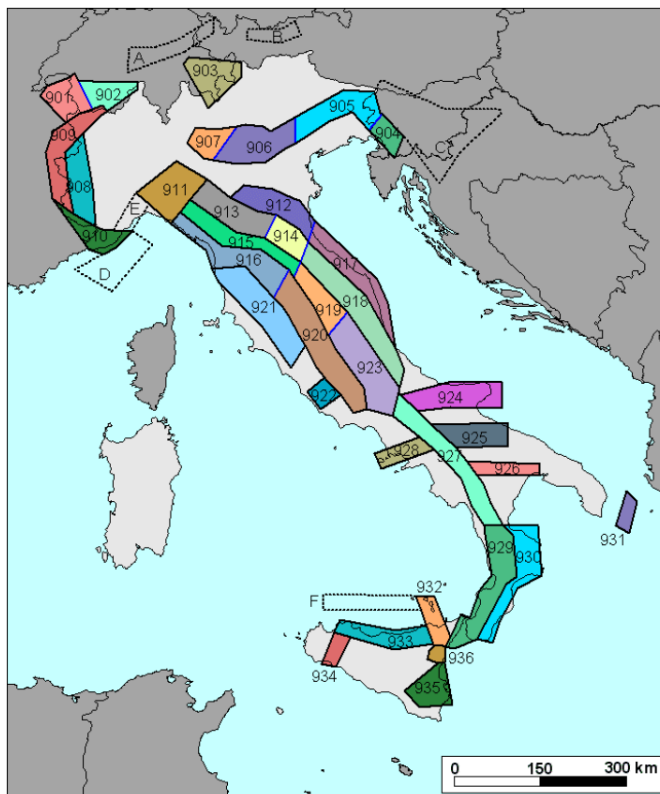


Figura 29 – Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio italiano (fonte: INGV)

7.2. Azione sismica

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 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, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente ($S_e(T)$), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

7.3. Pericolosità sismica

L'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 ha pubblicato una classificazione sismica dei comuni del territorio italiano, con la novità dell'eliminazione della categoria "non classificato" e l'inserimento di tutti i comuni in quattro diverse zone. Il comune di Torre Santa Susanna secondo l'aggiornamento al 31 gennaio 2019 della stessa classificazione, risulta essere inserito nella zona sismica 4. Tale classificazione è stata recepita dalla Regione Puglia con Delibera del Consiglio Regionale n.153 del 2 marzo 2004.

L'aggiornamento del 28 aprile 2006 dell'OPCM ha introdotto degli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni:

- Zona 1 $a_g > 0.25$
- Zona 2 $0.15 < a_g \leq 0.25 \text{ g}$
- Zona 3 $0.05 < a_g \leq 0.15 \text{ g}$
- Zona 4 $a_g \leq 0.05 \text{ g}$

Le Norme Tecniche per le Costruzioni hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. Si è quindi redatta una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800 \text{ m/s}$; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.08.2005).

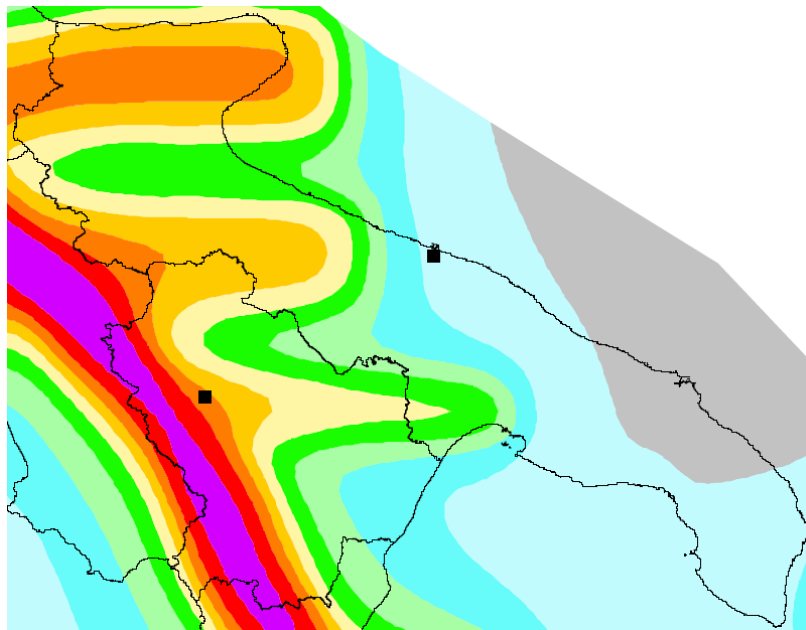


Figura 30 – Carta stralcio pericolosità sismica Puglia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)

In considerazione della mappa di pericolosità sismica del territorio italiano, i comuni di Torre Santa Susanna, Latiano e Mesagne ricadono in un'area per la quale si deve considerare un'accelerazione compresa tra 0.025 e 0.050 g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

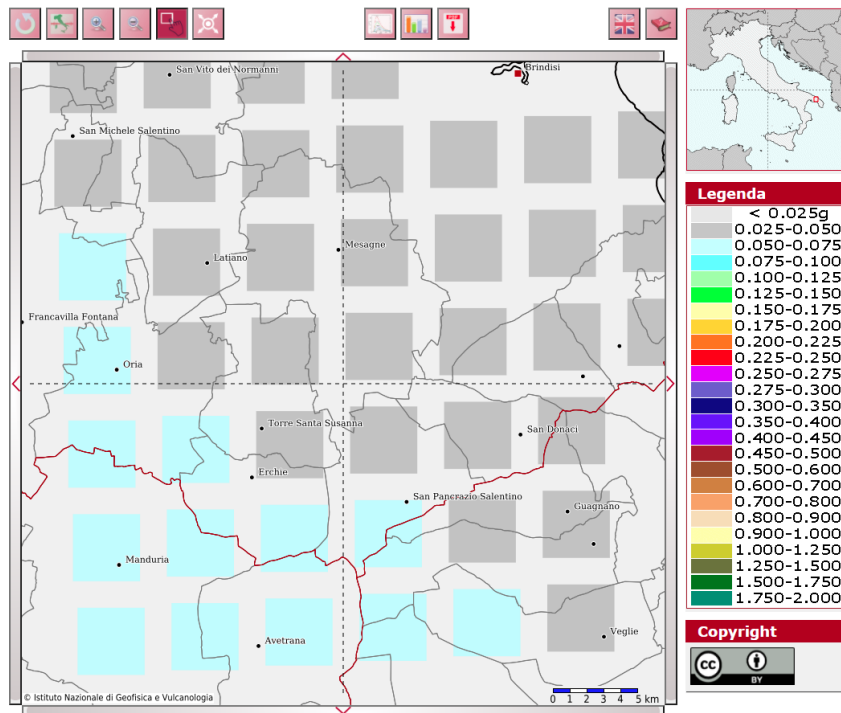


Figura 31 – Pericolosità sismica comuni di Torre Santa Susanna, Latiano e Mesagne con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)

Di seguito si riportano inoltre i risultati delle analisi di disaggregazione. La disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito, la cui forma più comune è quella bidimensionale relazionata alla magnitudo M ed alla distanza R , che permette di valutare il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . Tale processo di disaggregazione fornisce dunque il terremoto dominante lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Da questa analisi bidimensionale è possibile passare ad una tridimensionale mediante il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R . Il Gruppo di Lavoro MPS 2004 ha condotto l'analisi di disaggregazione per oltre 16 mila siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale.

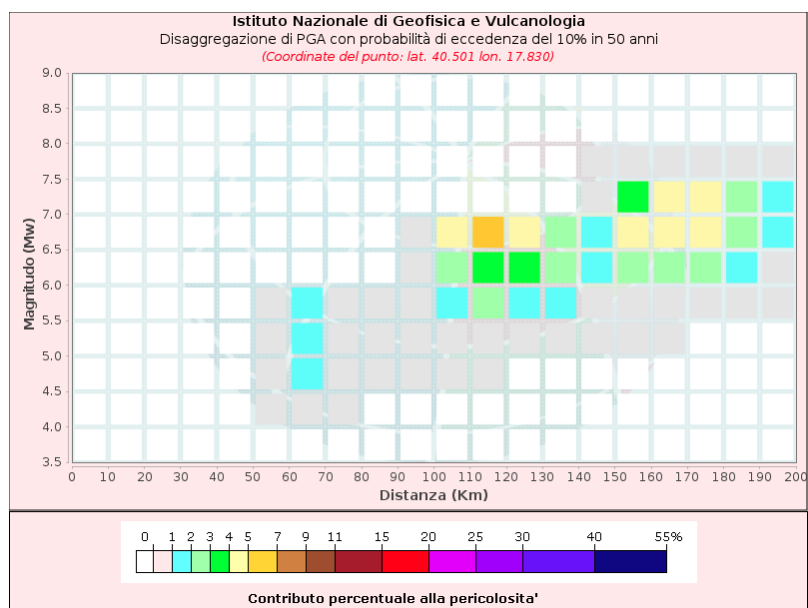


Figura 32 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (1/2)

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 40.501 lon. 17.830)											
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	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.1570	0.6130	0.7270	0.4620	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.2030	1.0900	1.4800	1.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0182	0.4580	0.8400	0.6450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.1500	0.4650	0.4050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0410	0.3220	0.4310	0.3000	0.4280	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0112	0.5970	1.6900	2.9900	4.4400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0010	0.5220	2.0200	3.9600	5.7100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.3020	1.5900	3.2900	4.3800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.1330	1.0300	2.2200	2.4800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0476	0.7370	1.8200	1.9600	0.5210	0.0354	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.7400	2.8100	4.6900	3.9300	0.2400	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.4670	2.4900	4.6500	4.3600	0.3130	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2540	2.0400	4.1800	4.1900	0.3570	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1010	1.2500	2.7000	2.6900	0.2970	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0305	0.7350	1.7700	1.7300	0.2310	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.49	139.0	1.76

Figura 33 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (2/2)

Dall'analisi dei risultati della disaggregazione di a(g) per il nodo della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano più prossimo al sito di interesse, risulta che il terremoto di scenario ha magnitudo momento da 4.5 a 7.5, distanza compresa tra 60 e 200 km, mentre i valori medi sono rispettivamente di Mw 6.49, distanza 139 km e deviazione standard di 1.76.

7.4. Stati limite

Riguardo le prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti, sono individuati, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU):

- **Stati limite di esercizio (SLE):**
 - **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R dell'81%.
 - **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R del 63%.

- **Stati limite ultimi (SLU):**
 - **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R del 10%.
 - **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R del 5%.

7.5. Categoria del sottosuolo

Le Norme Tecniche per le Costruzioni indicano le modalità di esecuzione delle analisi specifiche per definire l'azione sismica di progetto. In alternativa, viene stabilito un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di seguito descritte.

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>Depositi 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>Depositi 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>

Figura 34 – Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)

Si nota, dunque, che i valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo. I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove e la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

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 avente V_s non inferiore a 800 m/s.

Altro parametro fondamentale nella definizione della risposta sismica locale è dato dalle condizioni topografiche. Le NTC indicano quattro categorie differenti, così definite:

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 $i > 30^\circ$

Figura 35 – Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)

Per il sito in esame, come descritto in precedenza, è stata eseguita una sola MASW nell'area della stazione utente, mentre per quanto riguarda l'area di impianto si è andati ad ipotizzare una categoria di sottosuolo verosimile, ma allo stesso tempo cautelativa.

Area stazione utente SSE

Categoria di sottosuolo: 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".

Categoria topografica: T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ "

Area impianto eolico Torre Santa Susanna

Vista la conoscenza della geologia della zona, si ritiene di poter ricostruire la stratigrafia della zona con la presenza di depositi siltoso-sabbiosi su uno strato calcarenitico, giacenti su bedrock calcareo. In via cautelativa si è però considerata una stratigrafia caratterizzata dalla presenza di depositi siltoso-sabbiosi per i primi 25 metri di profondità, e si propone dunque la seguente classificazione.

Categoria di sottosuolo: C "Depositi 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".

Categoria topografica: T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ "

Si sottolinea ancora una volta come tale classificazione sia ipotizzata in via cautelativa e che, in caso di progettazione esecutiva delle strutture in oggetto, sarà necessario effettuare indagini apposite, finalizzare alla definizione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento nel territorio della provincia di Brindisi	3
Figura 2 – Impianto eolico su ortofoto	4
Figura 3 – Impianto eolico su CTR Regionale	4
Figura 4 – Ambito della campagna brindisina (PPTR Puglia).....	5
Figura 5 – Morfotipologie rurali (PPTR Puglia)	5
Figura 6 – Schema geologico dell'Italia meridionale (modificato da Pieri et al., 1997).....	7
Figura 7 – Stralcio carta geologica d'Italia e legenda litologica – foglio 203 Brindisi (fonte: ISPRA)	8
Figura 8 – Sezione geologica piana brindisina	8
Figura 9 – Stralcio carta geologica d'Italia – dettaglio dell'area di progetto e colonna stratigrafica attigua all'area di progetto (fonte: ISPRA).....	9
Figura 10 – Stralcio carta litologica (fonte: SIT Puglia).....	10
Figura 11 – Schema indicativo dei rapporti stratigrafici (D. Rossi)	11
Figura 12 – Carta morfologico-strutturale (da Cotecchia).....	11
Figura 13 – Area di progetto su CTR e DTM	12
Figura 14 – Stralcio carta geologico-strutturale (da Cotecchia).....	13
Figura 15 – Stralcio carta geologico-strutturale - legenda (da Cotecchia).....	13
Figura 16 – Faglie capaci (Progetto ITHACA)	14
Figura 17 – Sorgenti Sismogenetiche (DISS Working Group).....	14
Figura 18 – Carta idrogeologica a scala regionale (Murgia e Salento) (da Cotecchia et al., 1957).....	15
Figura 19 – Carta idrogeologica – Sorgenti, piezometri e salinità (da Cotecchia)	17
Figura 20 – Reticolo idrografico area di progetto (fonte Geoporale Nazionale ISPRA).....	17
Figura 21 – Pericolosità idrogeologica (fonte IdroGEO – ISPRA)	18
Figura 22 – Aree a potenziale significativo rischio alluvioni (fonte Geoportale Nazionale – ISPRA).....	18
Figura 23 – MASW SSE Latiano: parametri dinamici del terreno	20
Figura 24 – MASW SSE Latiano: modello di velocità delle onde S.....	21
Figura 25 – Modello geologico cautelativo area impianto eolico	22
Figura 26 – Caratterizzazione geotecnica UG1	22
Figura 27 – Distribuzione delle intensità massime osservate sul territorio italiano (fonte: DBMI15)	24
Figura 28 – Estratto storia sismica comune di Latiano (fonte: DBMI15).....	24
Figura 29 – Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio italiano (fonte: INGV)	25
Figura 30 – Carta stralcio pericolosità sismica Puglia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)	26
Figura 31 – Pericolosità sismica comuni di Torre Santa Susanna, Latiano e Mesagne con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV).....	27
Figura 32 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (1/2)	28
Figura 33 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (2/2)	28
Figura 34 – Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)	29
Figura 35 – Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)	30

ALLEGATI



GeoService

Servizi Geologici

GEOFISICA, GEOELETRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG)

Via Kennedy 36

tel. 0881 500025

tel. cell. 328/7178199

**PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO
EOLICO, IN AGRO DEL COMUNE DI
LATIANO (BR)**

SONDAGGI SISMICI MASW-SASW

Il Responsabile Tecnico

Dott. S. Finamore

LUCERA, NOVEMBRE 2020

IL COMMITTENTE

REPOWER RENEWABLE S.P.A.

SISMICA MASW-SASW

La prospezione sismica di superficie **MASW-SASW**, **M**ultichannel **A**nalysis of **S**urface **W**aves – **S**pectral **A**nalysis of **S**urface **W**aves, rappresenta un sistema d'indagine indiretto del sottosuolo, economico, veloce e pratico, per effettuare caratterizzazioni stratigrafiche del terreno, particolarmente utile ed efficace, quando si presenta la necessità d'investigare fino a notevoli profondità, 30 – 40 metri.

L'ipotesi sulla quale si basa la prova, e che osservando il segnale che si propaga nel suolo a seguito di una energizzazione si può notare che la quasi totalità dell'energia si propaga tramite onde S.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW-SASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria,...

L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

La curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, può avvenire in maniera automatica e/o manuale.

METODOLOGIA MASW-SASW

La tecnica MASW-SASW è usualmente definita attiva, in quanto occorre che l'operatore sia munito di una sorgente per energizzare il sistema.

La teoria MASW-SASW impone che il sito non abbia variazione stratigrafica lungo lo stendimento, è infatti controproducente imporre l'uso di stendimenti

esageratamente lunghi. La lunghezza dello stendimento è direttamente legata alla massima profondità che si vuole raggiungere, ed essa, oscilla empiricamente tra 2 e 3.

Data la necessità di dover raccogliere un segnale relativamente pulito da rumori ambientali, utile accorgimento e' quello di ripetere l'energizzazione più volte, sommando successivamente i segnali ottenuti in modo aritmetico, ottenendo così un aumento del rapporto segnale-rumore. La sorgente deve essere sempre posizionata esternamente allo stendimento, e sempre in asse con esso.

Le acquisizioni devono essere eseguite con stendimenti lineari variazioni di quota tra i vari geofoni. I geofoni devono essere posizionati in modo che la distanza intergeofonica sia costante. Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), si usano geofoni, ad asse verticale, con frequenza di taglio non superiore a 4.5Hz. Per avere una sufficiente accuratezza dei risultati, il numero dei canali/geofoni usati dovrebbe essere come valore minimo 24.

L'intervallo di campionamento può tranquillamente oscillare tra 0.5 ms e 2 ms. Si ottiene così un elevato livello di dettaglio del segnale, essendo la parte interessante del segnale acquisito, tipicamente contenuta sotto i 100Hz.

La durata del segnale registrato deve essere sufficiente per consentire per consentire la naturale attenuazione del segnale su tutti i ricevitori; questo tipicamente richiede 1 o 2 secondi.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per i sondaggi sismici di superficie MASW-SASW è stato utilizzato un sismografo a rifrazione PASI 16S12 a 12 canali, con le seguenti caratteristiche:

Numero canali	12 o 24
Processore	Pentium 266 o superiore
Trattamento dati	Floating Point 32 – bit
Ambiente operativo	Windows 3.11
Display	VGA a colori in LCD-TFT 10.4”
Hard-Disk	3.2 Gb o superiore
Risoluzione di acquisizione	16 bit
Intervallo di campionamento	32 - 2048 msec
Tempi di campionamento	16µs – 2 ms
Geofono Frequenza	4.5 Hz
Software acquisizione	SEISMO-SOFT
Software elaborazione	WINMASW

Parametri prova Masw2 PE Latiano.cdp

La prova *Masw2 PE Latiano.cdp* è stata eseguita con le seguenti modalità:

Lunghezza Stendimento:	51.00 metri;
Offset:	5.00 metri;
Distanza intergeofonica:	2.00 metri;
Profondità d'investigazione:	30/35.00 metri;

Risultati Inversione Curva di Dispersione

Veq (m/s): 1660 Possibile Tipo di Suolo: A (dal piano campagna)

Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

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.

Modello medio

VS (m/s): 1383, 1753, 2005, 2230
Deviazioni Standard (m/s): 18, 6, 31, 43
Spessori (m): 14.1, 4.4, 4.3
Deviazioni Standard (m): 0.1, 0.2, 0.3

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 2487, 3078, 3486, 3881
Stima densità (gr/cm³): 2.28, 2.33, 2.36, 2.38
Stima modulo di Poisson: 0.28, 0.26, 0.25, 0.25
Stima modulo di taglio (MPa): 4353, 7153, 9480, 11857
Stima modulo di compressione (MPa): 8272, 12515, 16017, 20104
Stima modulo di Young (MPa): 11109, 18025, 23753, 29728
Stima modulo di Lamé (MPa): 5370, 7747, 9697, 12199

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.