



LUGLIO 2022

FLYNIS PV 7 S.r.L.
IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 14,51 MW
LOCALITÀ MASSERIA GANTALUPI
COMUNE DI VEGLIE (LE)

Montagna

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO
Relazione geologica e geotecnica

Progettisti (o coordinamento)

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

Codice elaborato

2983_5070_MG_VIA_R05_Rev0_Relazione geologica e geotecnica

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2983_5070_MG_VIA_R05_Rev0_Relazione geologica e geotecnica	07/2022	Prima emissione	M.Pecorelli	CP	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Corrù Marco	Coordinamento SIA	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ord. Ing. Milano A29719
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico	Ordine Ing. Cagliari. 8788
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Elena Comi	Esperto ambientale	Ordine dei Biologi n 60746
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Sonia Morgese	Ingegnere idraulico	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Luca Morelli	Esperto ambientale	
Matthew Pisccedda	Perito Elettrotecnico	
Caterina Polito	Archeologo	Operatori abilitati all'archeologia preventiva n.2617
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Gianluca Brugnoli	Progetto di connessione	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. A-31697
Giuseppe La Gioia	Biologo	Ordine Nazionale dei biologi AA_039956
Leonardo Cuscito	Agronomo	Periti Agrari della provincia di Bari, n° 1371
Eliana Santoro	Agronomo	
Emanuela Gaia Forni	Agronomo	
Edoardo Bronzini	Agronomo	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





INDICE

1. PREMESSA	5
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
2. LINEAMENTI MORFOLOGICI E GEOLOGICI GENERALI	8
2.1 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO.....	8
2.2 LINEAMENTI GEOLOGICI	11
3. CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI LOCALI E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	15
3.1 STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO	16
4. ASSETTO GEOSTRUTTURALE	18
5. DEFINIZIONE DELL'AMBIENTE CLIMATICO	19
5.1 TEMPERATURE.....	19
5.2 PLUVIOMETRIA	20
6. AMBIENTE IDRICO: ACQUE SUPERFICIALI E ACQUE SOTTERRANEE.....	22
6.1 ACQUE SUPERFICIALI	22
6.2 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA	22
6.3 RAPPORTI TRA L'INTERVENTO PROPOSTO E LA FALDA SUPERFICIALE.....	23
7. INQUADRAMENTO SISMICO.....	25
8. PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE.....	29
8.1 METODOLOGICHE DI INDAGINE ADOTTATE	29
8.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ DI CAMPO	31
8.3 RISULTATI INDAGINE GEOSISMICA.....	32
8.3.1 Elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW	32
8.3.2 Elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione	33
9. INDAGINE PENETROMETRICA.....	34
10. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA	36
10.1 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE	36
11. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 17.01.2018 N.T.C.)	38
12. SINTESI CONCLUSIVA	43

1. PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo FLYNIS PV 7 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico in alcuni terreni a Nord - Ovest del territorio comunale di Veglie (LE) di potenza pari a 14,5 MW su un'area catastale di circa 27,7 ettari complessivi di cui circa 24,1 ha recintati. L'area di progetto è suddivisa in due sottocampi A e B, delimitati da recinzioni diverse, dovuti alla presenza di una strada. La sottoarea A presenta un'estensione pari a 21 ha cintati, mentre la sottoarea B risulta di 3 ha cintati.

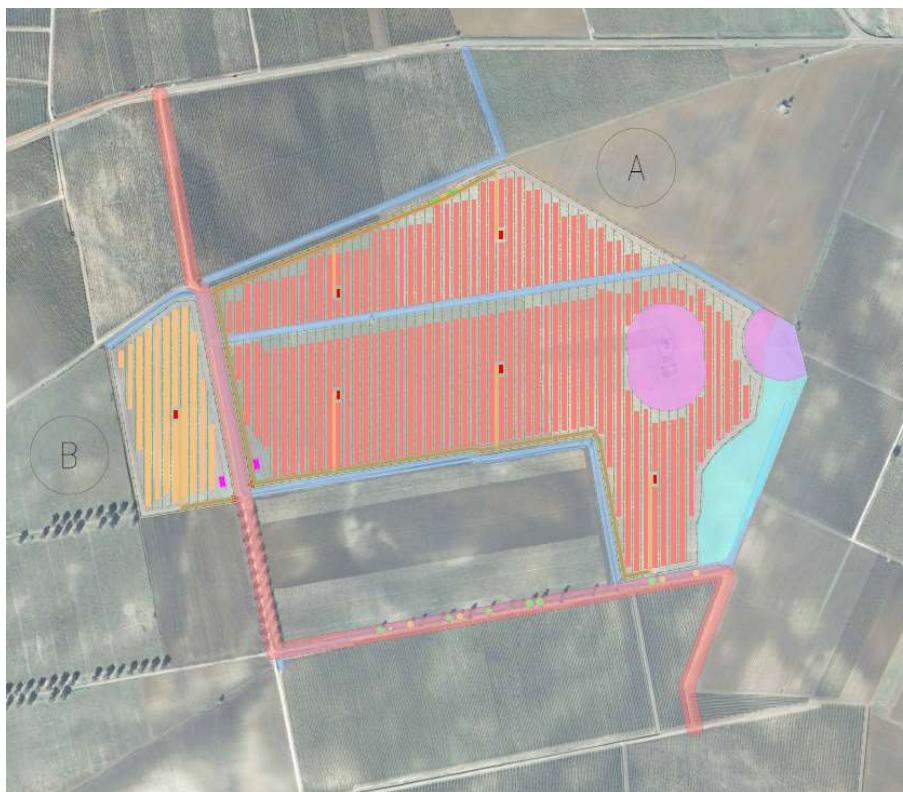


Figura 1.1: Layout impianto

In particolare, lo studio geologico s'inserisce nell'ambito dei quadri conoscitivi del sistema territoriale locale, ed è stato articolato sulla base dei seguenti principali elementi di valutazione geologico-tecnica:

- Inquadramento geologico dell'area, per l'indicazione dell'ambiente geologico, geomorfologico, idrogeologico e strutturale
- Rilevamento geologico di dettaglio, di un'area sufficientemente ampia, entro la quale ricade l'impianto fotovoltaico e la linea di connessione in progetto, atto alla definizione geologica, geomorfologica, idrogeologica e strutturale, con particolare riferimento alla caratterizzazione della natura e del tipo di strutture sedimentarie dei corpi geologici ivi presenti;
- Riferimenti a indagini geognostiche e geotecniche esistenti, eseguite nell'ambito del territorio comunale (prospezioni meccaniche e sismiche, prove geotecniche in sito e in laboratorio, scavi geognostici, pozzi, ecc.), per la definizione delle principali caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni.
- Esecuzione di nuove indagini geofisiche e geognostiche con l'obiettivo di puntualizzare le conoscenze geologiche dirette e indirizzare la progettazione in direzione della sicurezza e della migliore efficienza, con la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione interessati dalle opere in progetto [accertamento litotecnico] e la valutazione delle proprietà elastiche e meccaniche dei terreni investigati.

Durante la prima fase è stato effettuato una ricerca bibliografica, un esame fotointerpretativo e un successivo rilievo di superficie per la verifica dello stato dei luoghi e la corretta pianificazione delle indagini geognostiche.

Da qui è stata pianificata una campagna di indagini geofisiche che ha previsto l'esecuzione di prospezioni come di seguito elencate.

- n. 2 prospezioni sismiche superficiali con tecnica MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves);
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione.

Le considerazioni tecniche conclusive sono state ponderate in funzione della conoscenza geologica della zona e dell'attendibilità dei dati ottenuti, operando con un giusto grado di cautela nella definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, avvalendosi anche di studi pregressi realizzati nello stesso ambito di riferimento.

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto dell'impianto fotovoltaico è ubicato nel territorio comunale di Veglie, in provincia di Lecce a circa 10 km a Nord-Ovest rispetto al centro cittadino. L'area, che si colloca al confine Nord Ovest del Comune di Veglie con il Comune di Salice Salentino, è compresa in un quadrilatero costituito dalla S.P. 107 a Nord, la S.P. 109 a Ovest e la S.P. 111 a Sud; il lato Est è chiuso da viabilità comunale.



Figura 1.2: Localizzazione dell'area di produzione e della linea di connessione

Nella cartografia I.G.M. a scala 1:50000 l'area è compresa nella Sezione 411 (VEGLIE); nella cartografia in scala 1:25000 l'intervento interessa la Tavoletta 203 II SE (GUAGNANO).

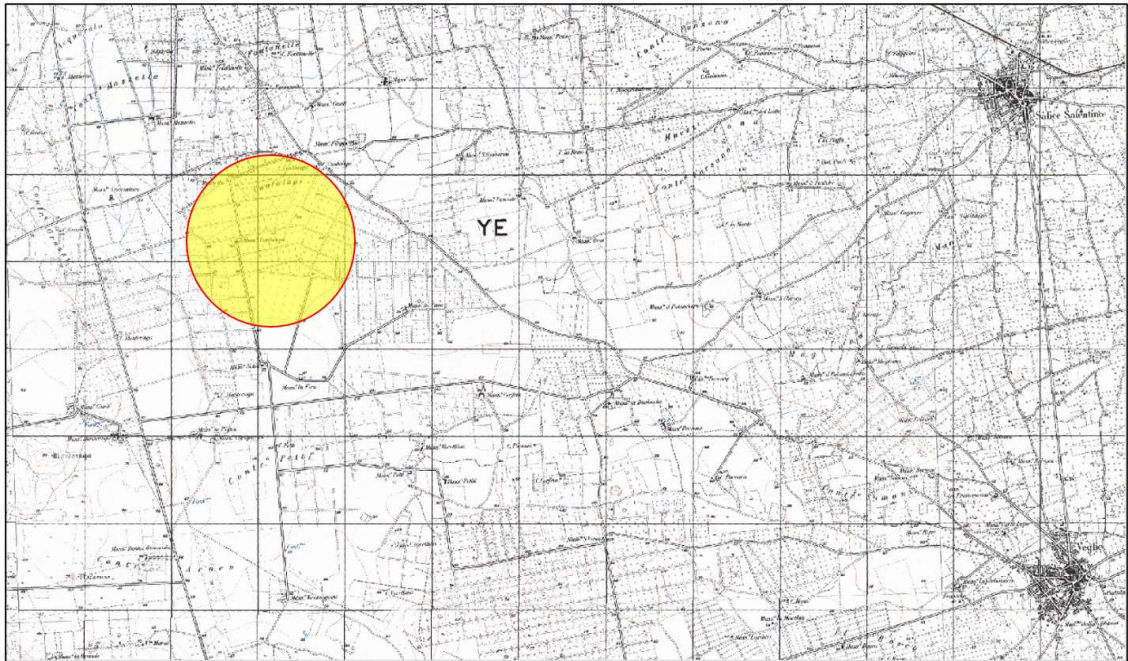


Figura 1.3: Inquadramento territoriale - Stralcio della Tavoletta 203 II SE

2. LINEAMENTI MORFOLOGICI E GEOLOGICI GENERALI

2.1 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Il territorio in cui ricade la proposta progettuale occupa il margine sud orientale dell'altopiano delle Murge e la propaggine settentrionale della penisola salentina.

Dal punto di vista morfologico l'area si inserisce in un contesto sub pianeggiante occupata in gran parte dalla Pianura Salentina; evidenzia una morfologia caratterizzata da una serie di terrazzi Plio-Pleistocenici, raccordati da scarpate debolmente acclivi, che si estendono con una certa approssimazione parallelamente alla costa e a quote progressivamente decrescenti.

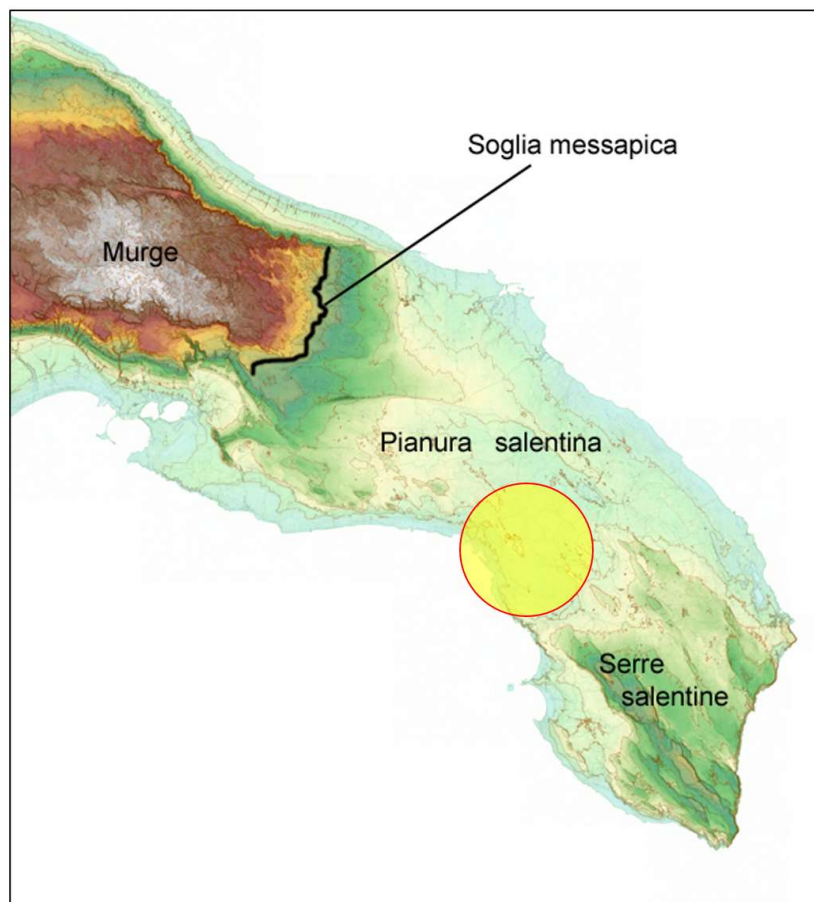


Figura 2.1: Inquadramento territoriale

L'area di progetto si pone a circa 10 km a NordOvest rispetto al centro abitato di Veglie a quote comprese tra 55 e 60 metri s.l.m.

Dal punto di vista morfologico, il territorio comunale di Veglie, ubicato nel versante occidentale ionico della penisola salentina, è caratterizzato da modeste ondulazioni e quote piuttosto modeste che vanno da un minimo di 37 metri s.l.m nell'area posta immediatamente a sud rispetto al centro abitato fino a 86 metri s.l.m in corrispondenza del confine nordoccidentale del territorio comunale

Questa morfologia è conseguenza diretta della litologia dell'area e ancor di più della tettonica che caratterizza l'intero comprensorio salentino.

Una generale concordanza fra morfologia e tettonica caratterizza la Penisola salentina che è rappresentata da un pilastro tettonico asimmetrico allungato in direzione NO-SE con il fianco occidentale più sviluppato, e dislocato da faglie dirette, (NO-SE o NNO-SSE), in una serie di blocchi sub-paralleli. Oltre a queste strutture tettoniche predominanti, il territorio è dislocato da altri lineamenti

tettonici, trasversali ai precedenti oppure di direzione meridiana, come ad esempio quelli rilevati tra Porto Badisco ed Otranto, presso S. Cesarea Terme e lungo la costa ad Est di Tiggiano.

Ricostruendo alcune sezioni sulla base delle stratigrafie derivanti da perforazioni dei pozzi per la ricerca d'acqua eseguiti dall'Ente Irrigazione di Puglia e Lucania, è stato accertato che il rigetto di alcune faglie, sebbene non calcolabile con esattezza, assume valori variabili da qualche decina di metri ad oltre 100 m.¹

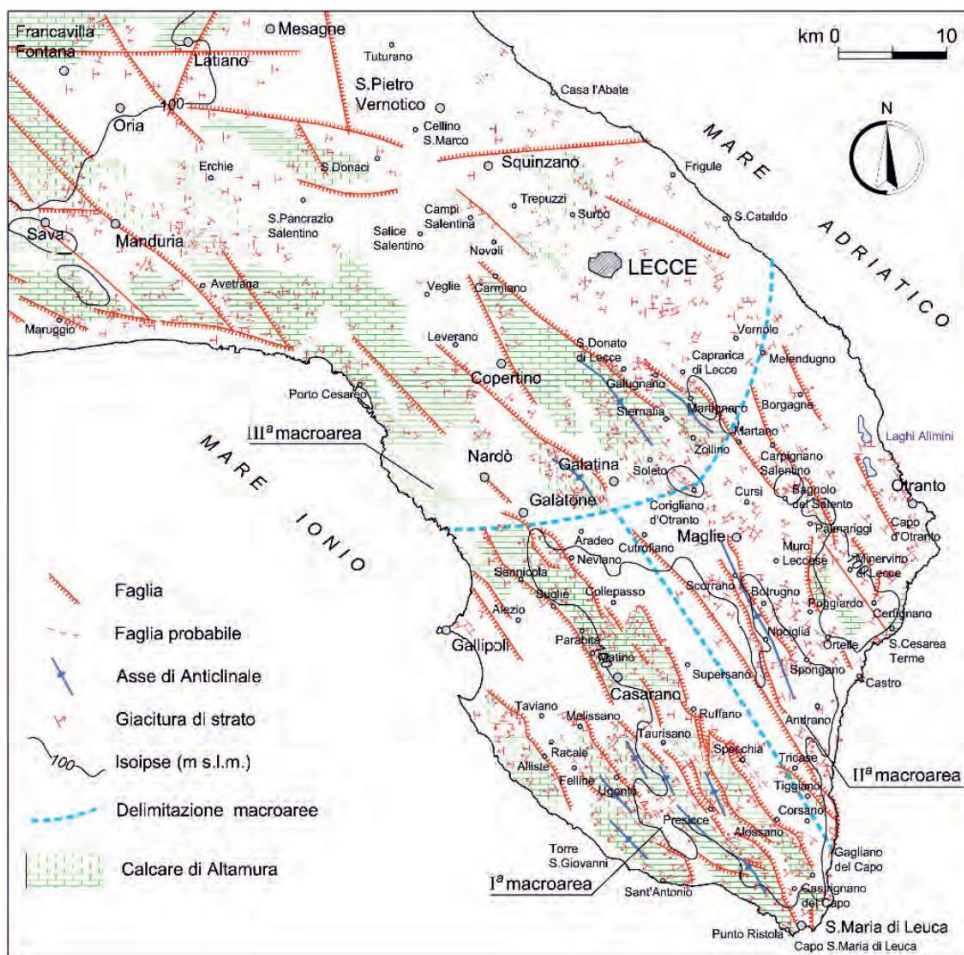


Figura 2.2: Carta tettonica della Penisola Salentina

Oltre agli elementi tettonici di tipo disgiuntivo, il territorio in esame è interessato da deformazioni plicative orientate in direzione appenninica (NNO-SSE o NO-SE), caratterizzate da deboli pendenze degli strati che solo raramente superano i 10°-15°. Le blande anticlinali presentano generalmente uno sviluppo asimmetrico, con fianchi Sud occidentali più ampi di quelli opposti, e spesso interrotti dalle faglie, prodottesi a seguito dell'intensa attività tettonica che ha coinvolto questo settore dell'Avampese Apulo verso la fine del Cretaceo e che causò l'emersione di alcune dorsali asimmetriche.

Le dorsali, corrispondenti agli alti strutturali con direttrici prevalenti orientate NNO-SSE, costituiscono, come affermato in precedenza, le Serre salentine, descritte nel seguito, mentre le valli fra loro interposte rappresentano aree depresse, alquanto pianeggianti, ove affiorano i terreni plio-quadernari.

¹ ISPRA - Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa – Periodi tecnici - Vol. 92 / 2014.

Di conseguenza la morfologia regionale è caratterizzata dalla presenza di superfici orizzontali dalle quali si elevano alcune dorsali, parallele tra loro e generalmente allungate in direzione NNO-SSE o NO-SE, che raramente superano la quota di 200 m.

Le dorsali del settore occidentale del territorio salentino, con quote gradualmente degradanti verso lo Ionio, sono più ravvicinate tra loro, mentre quelle del settore orientale sono più distanziate tra loro e le aree pianeggianti presentano pertanto uno sviluppo maggiore.

Localmente, queste dorsali sono interrotte da rilievi molto dolci, che a Sud del Canale d'Otranto assumono, lungo la costa, un aspetto più accidentato.

Oltre alle vicissitudini tettoniche, a tracciare l'attuale morfologia del Salento hanno concorso le oscillazioni quaternarie del livello marino, che hanno lasciato, lungo le fasce costiere, evidenti tracce di terrazzamento e di fenomeni carsici. Questi ultimi fenomeni sono i responsabili dello sviluppo di un'articolata varietà di forme carsiche, a sviluppo superficiale o profondo, descritte nel seguito.

Le diverse forme carsiche si rinvengono prevalentemente lungo le direzioni dei principali elementi tettonici presenti nel territorio salentino,² caratterizzato da un variabile grado di fratturazione, maggiormente intenso nel substrato cretaceo-paleogenico rispetto alle successioni sedimentarie più recenti.



Figura 2.3: Carta geomorfologica della Penisola Salentina

² ISPRA - Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa – Periodi tecnici - Vol. 92 / 2014.

2.2 LINEAMENTI GEOLOGICI

La penisola del Salento, di forma allungata in direzione appenninica e compresa tra il Mare Adriatico, ad Est, e quello Ionio, ad Ovest e a Sud, si estende per una superficie pari a circa 3400 km², al cui interno si individuano: parte della Piana Messapica a N-NO, la Terra d'Otranto ad Est, il Basso Salento a Sud e l'Arco Ionico compreso tra i comuni di Gallipoli e Maruggio ad Ovest (Figura 2.4).

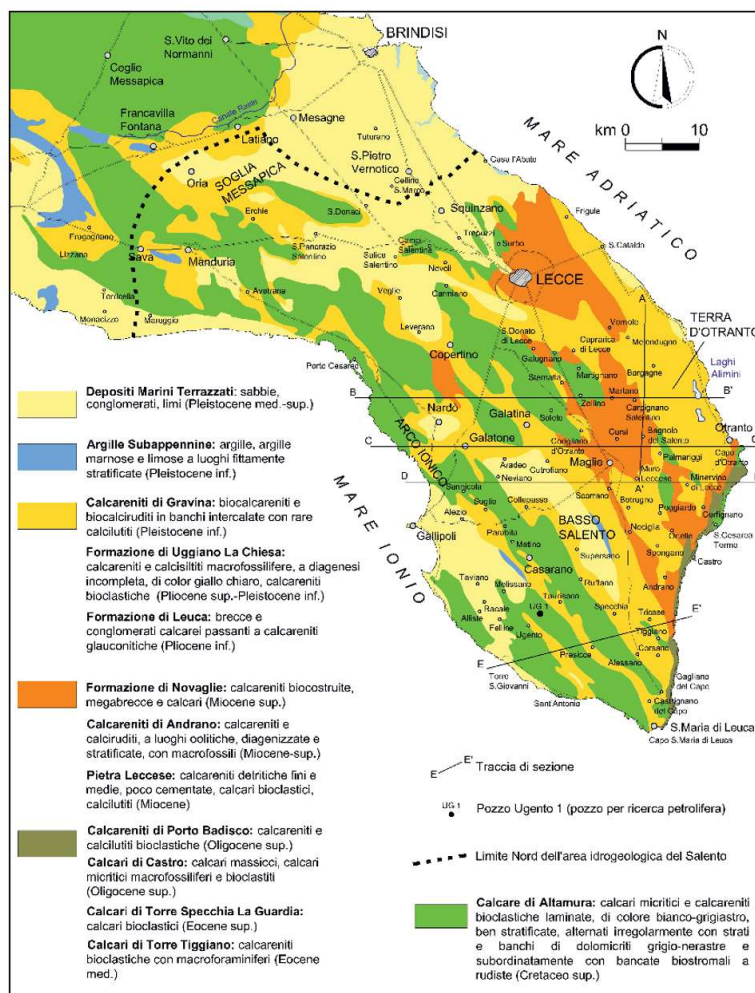


Figura 2.4: Carta geologica della Penisola Salentina

Superfici pianeggianti variamente estese, collegate con la Piana di Brindisi, caratterizzano il settore settentrionale del territorio in esame, mentre rilievi calcarei molto dolci, denominati “Serre Salentine”, intervallati da depressioni, diversamente estese, definiscono il settore meridionale, noto come Basso Salento.

I calcari mesozoici, affioranti con i termini cretacei in corrispondenza delle Serre, costituiscono, in continuità con il vicino ambiente murgiano, l'impalcatura di base sulla quale poggiano i depositi carbonatici e argilloso-sabbiosi, appartenenti ai cicli trasgressivo-regressivi del Miocene e del Plio-Pleistocene.

La Penisola Salentina è costituita da un'impalcatura di rocce carbonatiche di età giurassico-cretacea e subordinatamente dell'Eocene-Oligocene, formatesi in ambiente di piattaforma, sulla quale poggiano lembi, in parte isolati, di depositi essenzialmente calcarenitici e argilloso-sabbiosi appartenenti ai cicli trasgressivo-regressivi miocenici e plio-pleistocenici. Il carattere trasgressivo di questi depositi ha dato luogo, in tutta l'area salentina, a differenti rapporti stratigrafici. Le soluzioni di continuità tra i diversi litotipi affioranti non sono legate solo a fattori deposizionali connessi alla paleogeografia dell'area, ma

anche alla successione di fasi tettoniche, che hanno dislocato i litotipi e portato a diretto contatto formazioni differenti per natura litologica ed età.

Il basamento carbonatico mesozoico è costituito da calcari, calcari dolomitici e dolomie calcaree, disposti in strati sub orizzontali o inclinati al massimo di 25-30°, riferibili alla formazione del Calcare di Altamura (Cretaceo superiore). Tale formazione, che nel Salento ha unificato due formazioni geologiche conosciute come Calcari di Melissano e Dolomie di Galatina, affiora massivamente in corrispondenza delle Serre Salentine.

I calcari eocenici ed oligocenici affiorano in trasgressione sui calcari mesozoici lungo la fascia costiera compresa tra Otranto e S. Maria di Leuca. In particolare, l'Eocene medio è rappresentato da calcareniti massive e macro fossilifere (Calcari di Torre Tiggiano) mentre l'Eocene superiore è definito da calcari bioclastici (Calcari di Torre Specchia la Guardia) i quali, lungo la costa fra Castro e S. Maria di Leuca, giacciono in discordanza sia sulla successione cretacea sia sui depositi dell'Eocene medio.

I depositi oligocenici sono rappresentati principalmente dai Calcari di Castro (complesso di scogliera) e dalle Calcareniti di Porto Badisco (di ambiente di piana intertidale esterna).

Nelle aree interne, localmente nelle depressioni strutturali, affiora la Formazione di Galatone (Oligocene superiore), non riportata nella carta geologica di Figura 2.4 per la sua limitata estensione rispetto alla scala di riferimento. Trattasi di una successione di ambiente palustre costiero costituita da un'irregolare alternanza di marne calcaree e calcari a grana fine, di argille limose e/o limi con saltuarie intercalazioni sia di livelli lignitiferi, sia di paleosuoli argilloso-sabbiosi di colore giallastro. Questa successione, generalmente in giacitura sub orizzontale, e in più luoghi interessata da deformazioni di origine gravitativa. Essa poggia in trasgressione, con discordanza angolare, sul basamento carbonatico cretacoico, generalmente tramite l'interposizione di depositi residuali costituiti principalmente da terra rossa bauxitica.

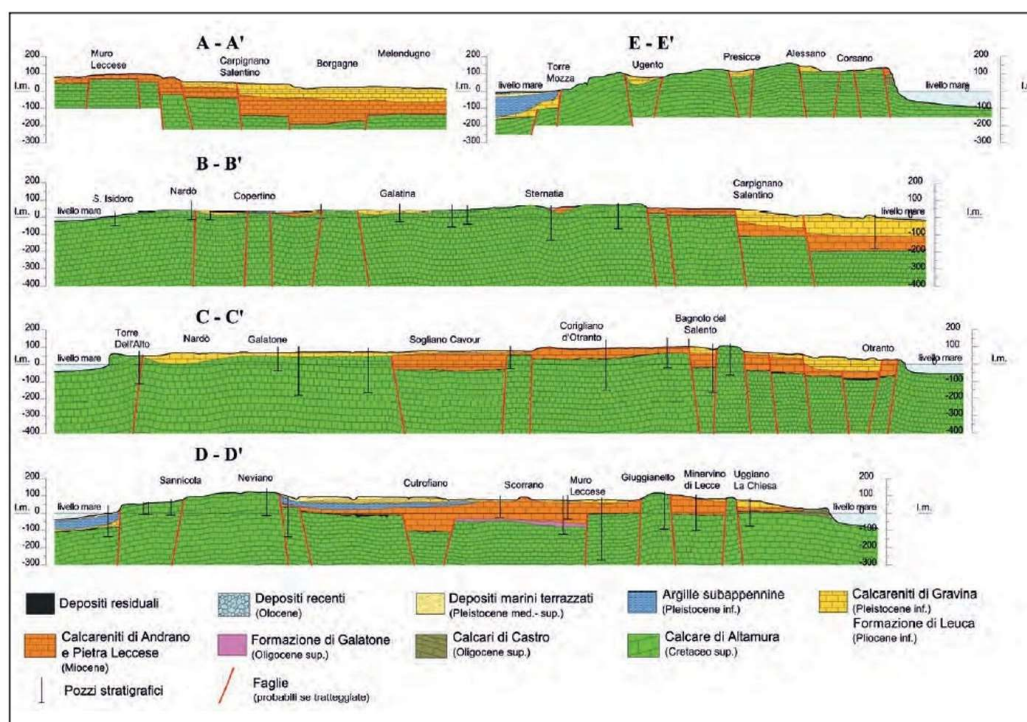


Figura 2.5: Sezioni geologiche schematiche della Penisola Salentina (le tracce sono indicate in Figura 2.4)

In trasgressione su tale formazione giace la Formazione di Lecce (Oligocene), anch'essa non riportata nella carta geologica di Figura 2.4 per la sua limitata estensione rispetto alla scala di riferimento. Questa è caratterizzata da calcareniti massive di colore variabile dal biancastro all'avana, con accennata stratificazione in banchi di spessore variabile.



Talvolta, agli strati calcarenitici s'intercalano strati sia di calcari micritici biancastri che di marne di colore avana. Le associazioni micropaleontologiche hanno permesso di attribuire la parte superiore della formazione rispettivamente al tratto iniziale del piano Aquitaniano (Miocene inferiore) mentre quella inferiore al Cattiano sommitale.

Le unità mioceniche, poggianti in trasgressione sull'impalcatura calcarea mesozoico-paleogenica, sono principalmente riferibili a due cicli sedimentari, separati da una lacuna stratigrafica, ben distinti per i caratteri paleogeografici e paleoambientali.

Il ciclo più antico e rappresentato dalla Pietra leccese, quello successivo dalle Calcareniti di Andrano. Tali coperture affiorano diffusamente nella porzione orientale del Salento con spessori complessivi finanche superiori ai 150 m.

La Pietra leccese (Burdigaliano-Messiniano inferiore) è costituita tipicamente da biomicrite a prevalente plancton calcareo, in parte compatta e friabile, a grana fine, talora marnosa, di colore giallo-paglierino. La porzione superiore registra un contenuto leggermente glauconitico, conservando, così per alcuni metri, il colore giallo ma con "picchiettature" verdi scure; ad essa segue un intervallo ricco di granuli di glauconite, grazie al quale la colorazione passa ad un verde intenso e la formazione geologica presenta una manifesta friabilità. Si presenta mal stratificata in grossi banchi, giace trasgressiva e in discordanza sul substrato pre-neogenico con un livello conglomeratico, a clasti e fossili fosfatizzati e noduli di apatite, che localmente si riduce ad una pellicola fosfatica. Diverse "lacunosità" caratterizzano, quindi, l'intera formazione geologica, spesso dovuta all'azione erosiva/dispersiva delle correnti. Infine, l'eterogeneità litologica di questa formazione coincide con una variabilità delle percentuali dei vuoti presenti nelle rocce, cui corrisponde una variabilità delle caratteristiche fisiche e meccaniche delle stesse rocce, spesso utilizzate nel campo dell'edilizia per la realizzazione di opere per esterni, interni ed arredi urbani. Questa affiora estesamente nel territorio del capoluogo salentino e nella parte centro-orientale della Penisola Salentina, altresì solo localmente ad Ovest di Lecce, con un lembo isolato nel territorio di Nardò. La potenza della formazione non supera gli ottanta metri e si riduce notevolmente procedendo verso occidente, in prossimità delle Serre. Sulla base delle associazioni paleontologiche, la sedimentazione avrebbe avuto luogo in un conteso deposizionale profondo, riferibile alla parte esterna della zona neritica esterna.

Le Calcareniti di Andrano (Messiniano) rappresentano la fase regressiva del ciclo miocenico, ad eccezione dell'area di Leuca, ove costituiscono un ciclo a se stante. Questa formazione è rappresentata da calcareniti e calcari, talora marnosi o con distinte intercalazioni marnose, riccamente fossilifera e di colore grigio chiaro con sfumature giallastre e biancastre. La roccia si può presentare a grana fine, molto compatta e tenace, ma anche a grana media, porosa e friabile, specialmente laddove è molto fossilifera, variamente diagenizzata e spesso con caratteristiche litologiche simile a quelle della Pietra Leccese.

Lungo il versante orientale della costa salentina, eteropica alle Calcareniti di Andrano, si è deposta la Formazione di Novaglie (Miocene superiore), un complesso di scogliera composto da tre unità sovrapposte clinostratificate, troncate alla sommità da superfici erosionali colonizzate da piccole scogliere sparse a vermitidi.

Alle unità mioceniche seguono la Formazione di Leuca e quella di Uggiano La Chiesa, depositatesi in seguito alla trasgressione marina iniziata in Puglia al principio del Pliocene.

La Formazione di Leuca (Pliocene inferiore) è costituita da brecce e conglomerati calcarei, in genere eterogenei ed eterometrici, poco fossiliferi, con potenza massima di 30 m, passanti verso l'alto a biomicriti glauconitiche semicoerenti di colore giallo verdastro, massive o con saltuaria stratificazione in banchi. Localmente nella porzione alta della formazione, sono presenti anche marne biancastre, marne sabbiose e talora calcareniti giallastre.

Le microfaune caratterizzanti la formazione geologica in esame palesano una subsidenza dell'ambiente di sedimentazione che l'ha condotto rapidamente fino a profondità compatibili con la zona neritica esterna.



La Formazione di Uggiano la Chiesa (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore), affiorante prevalentemente lungo la fascia costiera tra Otranto e Melendugno, e costituita da un'associazione di litofacies tra cui prevalgono le sabbie calcaree, le calcareniti marnose ed i calcari bioclastici.

Questa formazione mostra un'evidente stratificazione, è molto fossilifera e raggiunge uno spessore massimo di circa 60 m; mentre la sua base trasgressiva e talora marcata da una breccia, più spesso da un livello conglomeratico a elementi e fossili fosfatizzati. Infine, le associazioni bentoniche indicano batimetrie della zona neritica interna e solo localmente profondità leggermente superiori.

Estesamente su tutta l'area salentina ed in particolare nelle zone depresse che raccordano le Serre, affiorano, in lembi discontinui, le Calcareniti di Gravina, in passato anche note come Calcareniti del Salento.

Questi depositi, di ambiente neritico-litorale, talora con episodi sub-lagunari, sono rappresentati da calcareniti grossolane in parte friabili e porose e da calcari detritico-organogeni compatti, a luoghi tipo "panchina", di colore avana-giallastro.

Localmente si rinvencono anche intervalli calcarenitici a grana fine o sabbie organogene. Inoltre, livelli sabbioso-argillosi e siltosi, di colore grigio-verdolino, sono presenti nelle porzioni inferiori della formazione mentre in quelle superiori s'intercalano livelli decimetrici argillosi e marnosi. Infine, conglomerati o brecce di modesti spessori caratterizzano la base della formazione. Nell'insieme la stratificazione è evidente, anche se irregolare, ricorrenti sono le bioturbazioni e la stratificazione incrociata.

In base al contenuto fossilifero, l'ambiente di sedimentazione non è stato molto profondo ed è ascrivibile alla zona neritica interna.

Infine, le Calcareniti di Gravina passano, verso l'alto e lateralmente per alternanza, alle Argille Subappennine (Pleistocene inferiore). Trattasi di argille e argille marnose, a luoghi fittamente stratificate, di colore grigio e giallastro, passanti verso l'alto ad argille limose e/o sabbiose.

La storia geologica più recente (Pleistocene medio-superiore) è caratterizzata dalla sedimentazione di depositi di spiaggia e piana costiera a granulometria variabile dalle sabbie ai conglomerati fino alle sabbie limose ed a limi, disposti secondo terrazzi marini e corrispondenti alle relative variazioni del livello del mare (glacioeustatismo pleistocenico-olocenico). Tali sedimenti, ascrivibili alla Formazione dei Depositi Marini Terrazzati, affiorano estesamente nella depressione tarantino-brindisina e sotto forma di lembi allungati in direzione appenninica, nella parte centro-occidentale della Penisola salentina.

3. CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI LOCALI E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'area in progetto ricade nel settore nordoccidentale della pianura salentina, caratterizzata da affioramenti di depositi terrazzati, presenti alla quota di poche decine di metri al di sopra di quella degli alvei attuali e poggianti sulle formazioni argillose marine Plio-Pleistoceniche.

Questi depositi alluvionali, che nel foglio n.203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia) vengono attribuiti alla formazione delle "coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I Ordine di terrazzi", sono datati al Pleistocene medio ed hanno uno spessore che varia da 10 -15 m a 40 m circa. Tale spessore è legato all'andamento del substrato sul quale si sono depositi ed all'azione erosiva superficiale.

L'assetto stratigrafico dell'area (Figura 3.1) è caratterizzato, come indicato in precedenza, dalla presenza di una successione di depositi terziari poggiante su di un substrato calcareo-dolomitico mesozoico ribassato per faglia a profondità dell'ordine di 25-30 metri dal piano di campagna.

I depositi terziari affioranti sono riferibili a due distinte unità stratigrafiche caratterizzate da sensibili differenze di composizione litologica: la formazione delle "Calcareni del Salento" di età più antica (Pliocene medio-Pleistocene inferiore) e la "Formazione di Gallipoli" di età successiva (Pleistocene medio-superiore).

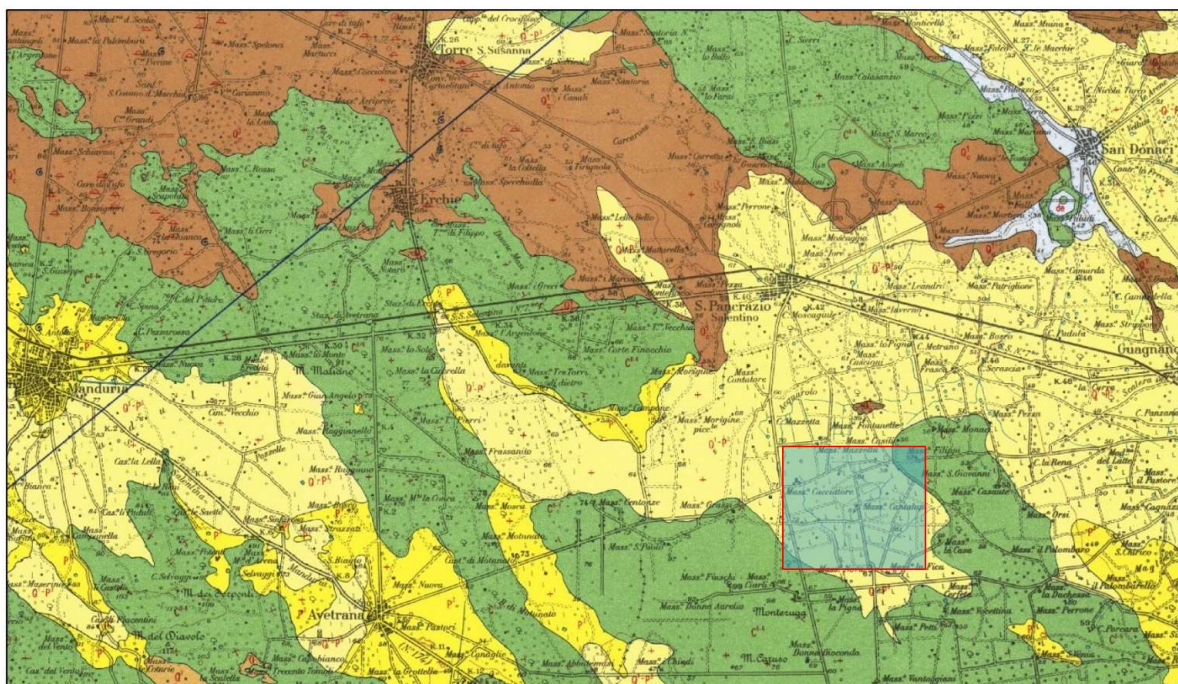


Figura 3.1: Estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 - Foglio 203 (Brindisi)

CALCARE DI ALTAMURA - Cretaceo superiore

Si è ritenuto opportuno, per una migliore correlazione stratigrafica con le zone situate a nord dell'area ionico-salentina, far confluire in quest'unica formazione le due unità lito-stratigrafiche ("Calcarei di Melissano" e "Dolomie di Galatina") in cui l'ormai obsoleta cartografia geologica in scala 1:100.000 aveva originariamente distinto le formazioni mesozoiche della zona ionico-salentina.

Come accennato in precedenza, tale formazione costituisce il substrato su cui si sono venuti a sedimentare i termini successivi. Essa affiora sia sud-ovest dell'area di interesse che a Est della stessa e si rinviene a circa 15 metri di profondità nell'area di intervento.

I termini calcarei appaiono costituiti prevalentemente da particelle di calcite microcristallina ("micrite") di norma associata a resti di gusci ed esoscheletri calcarei di microorganismi planctonici e bentonici: il tutto è cementato da quantità variabili di calcite spatica ("sparite"). La "micrite", che rappresenta la

matrice del sedimento e che risulta frammista ai clasti carbonatici di origine detritico-organogena (intraclasti, bioclasti, pellets, ecc.) si è accumulata per via meccanica contemporaneamente ai clasti stessi; la “sparite”, viceversa, rappresenta il cemento precipitato per via chimica successivamente al deposito del sedimento ad opera delle acque sovrassature in bicarbonato di calcio circolanti tra i vuoti presenti. I termini calcareo-dolomitici sono invece costituiti, unitamente a frazioni residue di elementi calcitici, da percentuali variabili di cristalli di dolomite. La percentuale di dolomite presente nella roccia è funzione del grado di dolomitizzazione subito dalla roccia stessa. I processi di dolomitizzazione delle formazioni calcaree mesozoiche salentine sono avvenuti, secondo vari autori, in una fase immediatamente successiva alla sedimentazione, per migrazione, attraverso i sedimenti calcarei, di acque ipersaline ad elevato rapporto Mg/Ca. La stratificazione è in genere molto evidente, con strati medi (10÷50 cm) e spessi (50÷100 cm); per quanto riguarda la genesi sedimentaria, la composizione e la struttura dei sedimenti costituenti i calcari mesozoici salentini indicano un ambiente deposizionale di piattaforma, caratterizzato da un mare poco profondo (ambiente neritico) dominato da processi di sedimentazione di tipo carbonatico.

CALCARENITI DEL SALENTO - Pliocene medio - Pleistocene inferiore

Nelle aree di bacino sulle rocce del basamento mesozoico poggiano, in trasgressione, depositi sabbioso-calcarenitici ascrivibili alla formazione delle “Calcarenitici del Salento”. Nell’ambito di tale formazione, affiorante estesamente a est dell’area d’interesse e in un lembo anche a ovest, sono riconoscibili generalmente tre differenti livelli posti in successione verticale:

- a. un livello basale, dello spessore variabile tra 5 e 20 metri, costituito da sabbie limose giallastre passanti inferiormente a sabbie argillose di colore grigio-azzurro;
- b. un livello intermedio, dello spessore di circa 50÷55 metri costituito da calcareniti organogene di colore bianco-giallastro, piuttosto porose, a granulometria medio-grossolana, grado di cementazione variabile e con intercalati frequenti livelli macrofossiliferi (“panchina”);
- c. un livello sommitale, di spessore per lo più inferiore ai 5 metri, costituito da sabbie calcaree di colore giallastro, a granulometria medio-grossolana, talora concrezionate e contenenti inclusi calcarenitici di dimensioni centimetriche.

FORMAZIONE DI GALLIPOLI – Pleistocene medio - superiore

In corrispondenza dell’area in cui si apre la cava in esame sono presenti ulteriori depositi calcarenitici più recenti ascrivibili alla “Formazione di Gallipoli”. Si tratta, in linea generale, di una successione di calcareniti organogene di colore da bianco-giallastro sino a rossastro per alterazione, con granulometria medio grossolana, assai porose, irregolarmente cementate, contenenti inclusi calcarei con dimensioni centimetriche. La macrofauna è rappresentata, in prevalenza, da lamellibranchi (fra i quali Ostrea) gasteropodi, alghe, briozoi, coralli ed echinidi. A più altezze stratigrafiche si rinvencono livelli macrofossiliferi a lamellibranchi. Il contenuto medio di CaCO₃ è attorno al 98 ÷ 99% mentre quello di MgCO₃ si attesta su 0,7 ÷ 0,9 %. Il residuo insolubile non supera l’1,2%.

Tali litotipi si presentano massivi, con solo vaghi cenni di stratificazione in banchi.

3.1 STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO

La stratigrafia di dettaglio è stata riconosciuta dagli affioramenti naturali, anche oltre l’area di progetto, dalle indagini eseguite in loco correlate con i dati acquisiti da indagini pregresse e perforazioni per la ricerca di acque sotterranee.

Da qui si è ipotizzato uno schema che vede, a partire dal termine più recente:

- sabbie calcaree brunastre (recente-attuale);



- limi argillosi e argille (Pleistocene);
- Sabbie calcaree limose giallastre (Pleistocene);
- Argille elimi argillosi grigio-azzurri “argille sub-appenniniche” (Pleistocene);
- Calcareniti argillose tenere “Calcareniti di Gravina” (Plio-Pleistocene);
- Calcari, Calcari dolomitici e dolomie “Calcari di Altamura” (Cretaceo).

I termini più antichi Calcareniti di Gravina e Calcari di Altamura, sono stati già descritti in precedenza, di seguito si da una descrizione dei termini più superficiali della successione, quelli interessati più o meno direttamente dall'intervento proposto.

Sabbie calcaree limose brunastre

Si tratta di depositi lenticolari di natura alluvionale, di recente deposizione. Si rinvengono solo in aree depresse di compluvio e spesso associate ad inghiottitoi carsici. Sfumano in depositi decisamente argillosi o al più limo-argillosi.

Sabbie calcaree limose giallastre

Si tratta di sabbie fini argillose giallo verdognole. A luoghi contengono abbondanti resti di brachiopodi. Caratteristica di questo livello è la presenza di noduli piuttosto tenaci di colore biancastro e di sottili livelli calcarenitici a grana fine.

Poggiano direttamente sulle calcareniti di Gravina e, più a Est con le argille sub-appenniniche.

Argille e limi argillosi grigio-azzurri

Si rileva solo al di sotto delle sabbie calcaree in continuità con le Calcareniti di Gravina. Si tratta di limi sabbiosi più o meno argillosi al tetto della formazione al contatto con le sabbie calcaree.

Le argille sono in prevalenza grigio azzurre (grigio-giallastre per ossidazione), plastiche e con sottili lamine di sabbie finissime. Verso l'alto diventano via via più limo-sabbiosi, di colore giallastro, con frequenti noduli carbonatici biancastri.



4. ASSETTO GEOSTRUTTURALE

Alla luce della ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica dell'area, emerge che la sedimentazione carbonatica mesozoica si interruppe alla fine del Cretaceo quando un'importante fase deformativa tardo-cretacea provocò il sollevamento e l'emersione dal mare dell'intero territorio salentino, per un'estensione presumibilmente assai maggiore di quella attuale; nel corso di questa fase di emersione, il basamento carbonatico mesozoico subì lievi deformazioni che si manifestarono con la formazione di una serie di pieghe ad ampio raggio di curvatura e con assi di allungamento orientati prevalentemente secondo direttrici appenniniche, ovvero da NW a SE.

Dopo tali sollecitazioni deformative plicative, subentrò un'intensa fase tettonica di tipo disgiuntivo che, attraverso la formazione di sistemi di faglie dirette, dislocarono il basamento suddividendolo in vari settori i quali, in seguito, acquisirono una propria evoluzione tettonica, paleogeografica e geomorfologica. Alcuni di essi rimasero, infatti, in posizione topografica più elevata rispetto a quelli adiacenti, acquisendo le caratteristiche di alti strutturali ("horst", le cosiddette "serre"); altri, viceversa, furono variamente ribassati, trasformandosi in vere e proprie depressioni tettoniche (strutture tipo "graben").

Le zone di alto strutturale a partire dalla fine del Cretaceo sino ad oggi sono rimaste sempre sopraelevate e sono state interessate esclusivamente da fenomeni di erosione fisica (smantellamento meccanico) e di dissoluzione chimica (carsismo).

L'area di "graben" (depressione tettonica) in esame è stata invasa dal mare nel Plio-Pleistocene che ha depositato al di sopra del basamento carbonatico mesozoico più successioni sedimentarie di natura calcarenitica e sabbioso-limosa.

Notevole importanza hanno rivestito, infine, le oscillazioni del livello del mare nella seconda metà del Quaternario per motivi glacio-eustatici: circa 21.000 anni fa, in concomitanza con la glaciazione würm, il livello del mare si portò a circa 120 metri al di sotto dell'attuale linea di costa originando il terrazzamento dei terreni; successivamente, ricominciò a risalire, a seguito della trasgressione flandriana, tuttora in corso.

5. DEFINIZIONE DELL'AMBIENTE CLIMATICO

Il clima è indubbiamente fra i più importanti fattori ambientali che condiziona vari elementi degli ecosistemi e, in primo luogo, la vegetazione reale e potenziale e di conseguenza l'erosione superficiale, il trasporto solido e il deflusso idrico. La definizione dell'ambiente climatico è la risultante di una serie di elementi come la ventosità, la piovosità, la temperatura, ecc. La stessa morfologia sembra costituire uno dei fattori climatici principali. Infatti, sulle terrazze più alte in inverno si avvertono gli effetti dell'esposizione ai venti di provenienza dai quadranti meridionali generalmente carichi di umidità prelevata attraversando lo Ionio; in questi stessi luoghi, in estate, si registrano i massimi di temperature. Altri condizionamenti vengono anche dall'esposizione a NE in quanto non si rilevano elementi orografici in grado di ostacolare le correnti d'aria provenienti da NE attraverso l'Adriatico. Il clima determina anche i cicli di gelo e disgelo che sono, a volte, determinanti nella meccanica dei terreni.

Come tutto il Salento, anche l'area in esame è soggetta ad un tipico clima mediterraneo caratterizzato da stagioni secche e calde (Primavera-Estate) alternate a stagioni fredde e umide (Autunno-Inverno). La rete di stazioni di rilevamento termo-pluviometrica della Puglia ha installato più stazioni di misura nell'intero territorio regionale, tra cui una anche nel territorio comunale di Veglie (Masseria Monteruga).

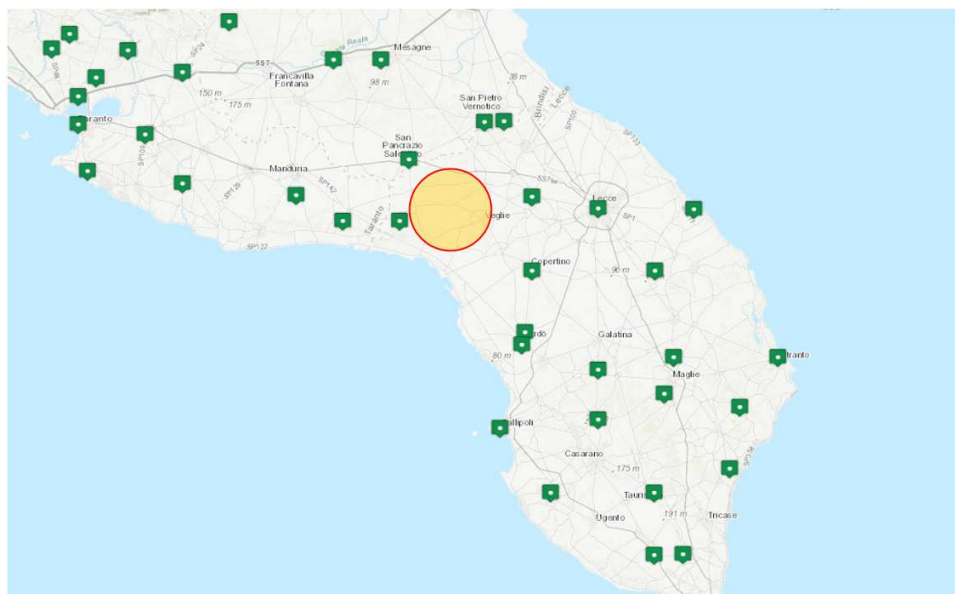


Figura 5.1: Rete in telemisura Protezione Civile Puglia - Centro Funzionale decentrato

5.1 TEMPERATURE

Sono stati considerati i valori medi delle temperature massime, medie e minime mensili, considerando 88 anni di misurazione. I dati sono riportati nella Tabella 5.1 e nella rispettiva Figura 5.2: Andamento delle temperature medie mensili registrate nella stazione di Masseria Monteruga.

Il valore medio della temperatura annua è di 16,8°C con valori medi minimi prossimi a 5°C registrabili nel mese di gennaio e valori medi massimi che superano 31°C rilevabili in pieno periodo estivo (luglio e agosto).

I dati analizzati mostrano, inoltre, che le temperature minime assolute non di rado scendono ben al di sotto di 0 °C, sia in pieno inverno che all'inizio della primavera (da novembre a marzo), con un valore minimi assoluti inferiori a -5°C.

Durante l'estate (giugno, luglio e agosto) sono state registrate temperature massime assolute comprese fra i 40 e i 43 °C.

Tabella 5.1 Temperature medie mensili – <http://www.protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale/analisielaborazione-dati>

TEMPERATURE MEDIE MENSILI																											
Stazione	Anni di osservazione		MEDIE MENSILI														Medie annue										
			G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D													
Torremaggiore	2013-2020		8.9	9.2	11.2	14.1	18.5	22.8	25.7	25.8	22.0	17.9	13.6	10.0	16.6												
	Max	Min	12.7	5.0	13.2	5.1	15.6	6.9	18.8	9.3	23.8	13.2	28.4	17.2	31.5	19.8	31.5	20.1	27.0	16.9	22.2	13.6	17.4	9.7	13.7	6.4	21.3

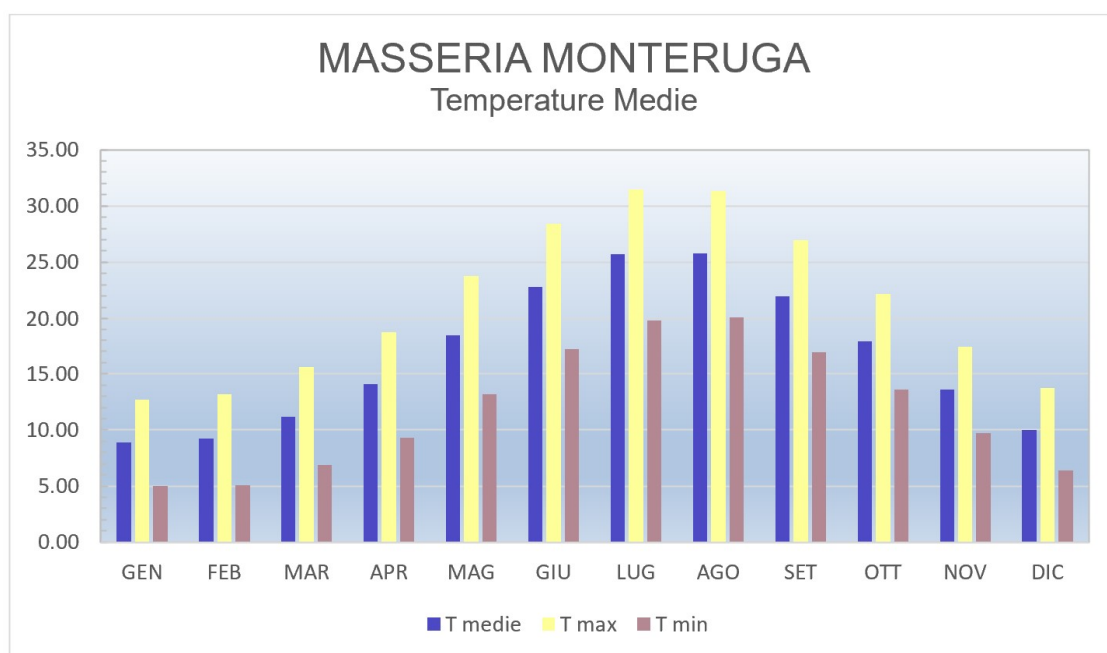


Figura 5.2: Andamento delle temperature medie mensili registrate nella stazione di Masseria Monteruga

5.2 PLUVIOMETRIA

I dati delle precipitazioni medie disponibili, forniti dal Servizio di Protezione Civile della Regione Puglia, coprono un periodo di osservazione dal 1921 al 2020.

Nella Tabella 5.2e nella relativa Figura 5.3: Precipitazioni medie mensili e numero dei giorni piovosi nella stazione pluviometrica di Masseria Monteruga. Anno idrologico medio 1921 – 2020, sono riportate le medie mensili ed annuali delle precipitazioni e dei giorni piovosi relativi alla stazione di registrazione di Masseria Monteruga nel territorio comunale di Veglie.

Tabella 5.2 – Medie Mensili e annuali delle precipitazioni e dei giorni piovosi (anni di osservazione 1921-2020)

PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE																												
Stazione	Anni di osservazione		MEDIE MENSILI														Medie annue											
			G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D														
Torremaggiore	1921 - 2020		68.0	8	60.8	6	61.1	7	44.4	5	31.0	4	20.4	3	18.2	2	26.1	2	51.4	4	82.8	6	89.9	7	83.1	8	638.4	61

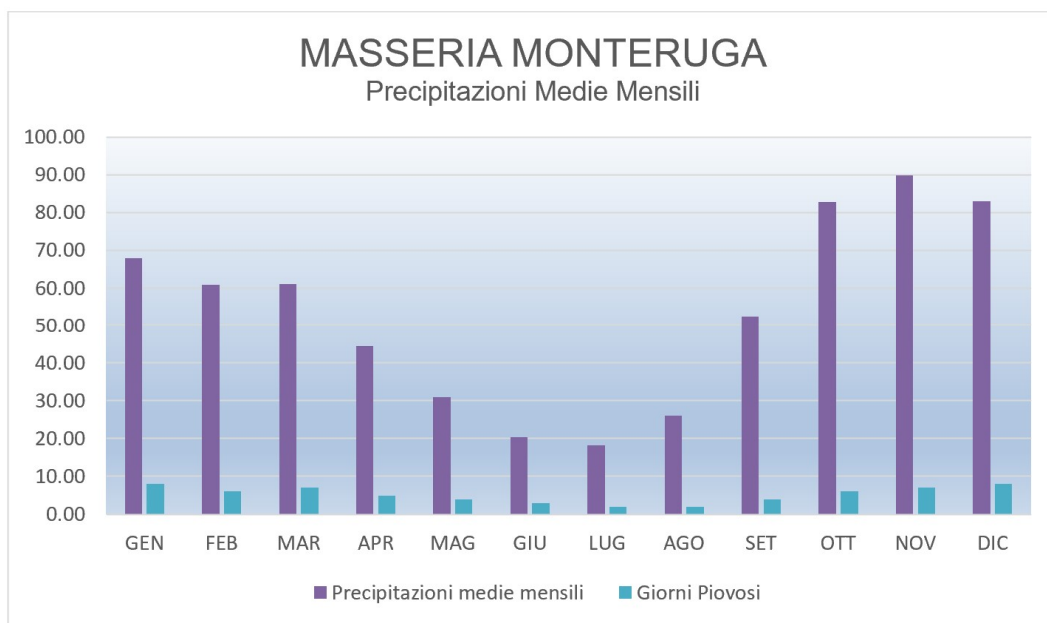


Figura 5.3: Precipitazioni medie mensili e numero dei giorni piovosi nella stazione pluviometrica di Masseria Monteruga. Anno idrologico medio 1921 – 2020

6. AMBIENTE IDRICO: ACQUE SUPERFICIALI E ACQUE SOTTERRANEE

6.1 ACQUE SUPERFICIALI

Come già descritto in precedenza l'area Salentina è sprovvista di corsi idrici perenni e questo è da mettere in relazione, principalmente, alla presenza di litologie altamente permeabili. La presenza, in affioramento, come descritto in precedenza, di rocce calcarenitiche e sabbioso-calcarenitiche del Plio-Pleistocene altamente permeabili per fessurazione e carsismo, unitamente alla morfologia sub-pianeggiante dell'area, favorisce una rapida infiltrazione in profondità delle acque meteoriche impedendo un prolungato ruscellamento superficiale. Pertanto, non ci sono le condizioni perché possa formarsi un reticolato idrografico di superficie con carattere permanente.

È presente solo qualche modestissima incisione, di origine antropica, che riceve le acque del ruscellamento superficiale in occasione di precipitazioni meteoriche intense e prolungate.

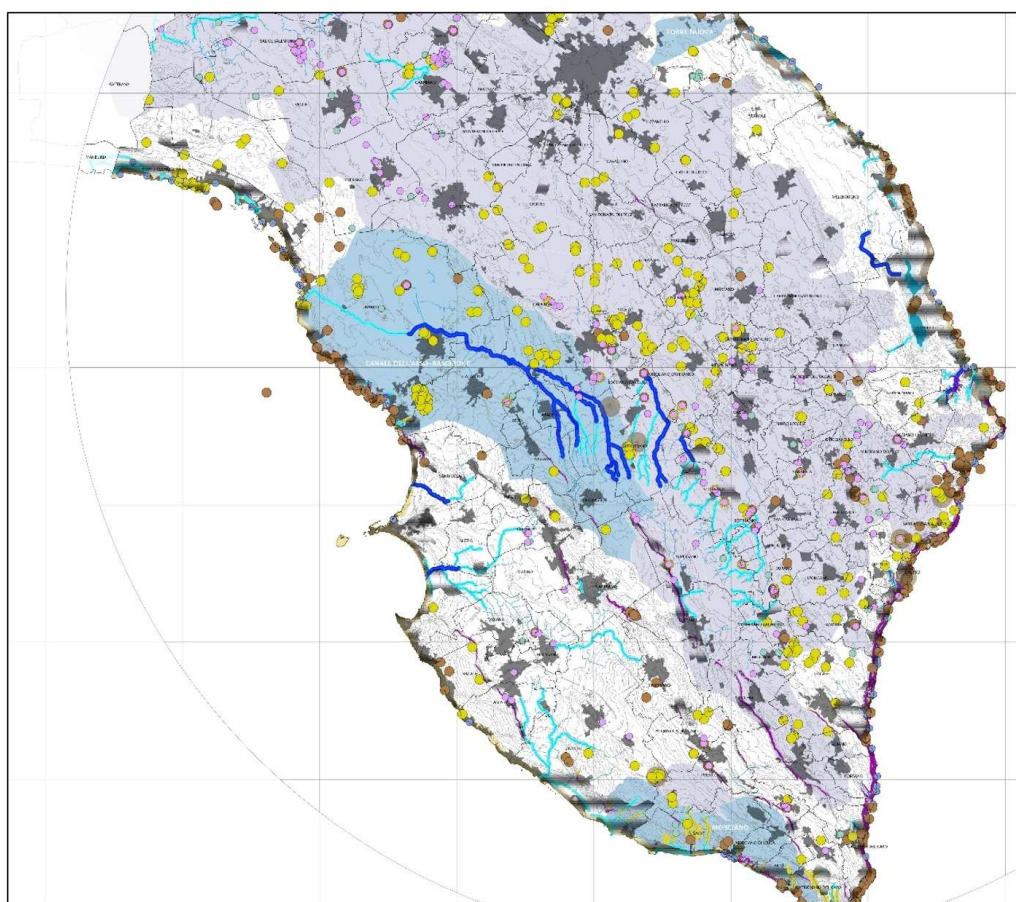


Figura 6.1: Estratto carta Idrogeomorfologica - variante generale di adeguamento e di aggiornamento del piano territoriale di coordinamento provinciale (ptcp) di lecce - sistema ambientale e paesaggistico / struttura idrogeomorfologica.

6.2 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Nel sottosuolo dell'area in esame è presente un'imponente circolazione idrica sotterranea, la cosiddetta "falda profonda" o "falda principale", circolante nell'ambito della successione calcareo-dolomitica cretacea e sostenuta, alla base, dalle acque marine d'ingressione continentale. Questa falda profonda è da mantenere separata dalla "falda superficiale" avente sede, localmente, nell'ambito dei depositi sabbioso-calcarenitici plio-pleistocenici superficiali sostenuti da depositi limoso-argillosi.

Si tratta di una falda dalle potenzialità molto ridotte, legate direttamente al regime pluviometrico che interagisce con le aree di alimentazione (rocce serbatoio in affioramento).

La **falda profonda** è presente in maniera continua in tutto il territorio salentino ed è caratterizzata in molti casi da acque con buone caratteristiche qualitative così da rappresentare una risorsa idrica di fondamentale importanza, in grado di fornire un contributo cospicuo al soddisfacimento del fabbisogno idrico per uso potabile, irriguo o industriale.

Le acque dolci, più leggere, tendono quindi a “galleggiare” sulle sottostanti acque marine e, fintanto che non sopraggiungano fenomeni di perturbazione della falda, si instaura una situazione di equilibrio che impedisce il miscelamento idraulico.

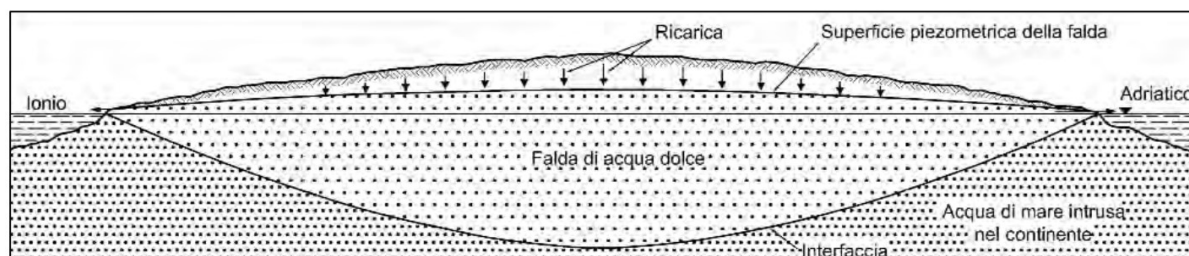


Figura 6.2: Sezione idrogeologica schematica della Penisola Salentina: si noti come la falda profonda galleggi sull'acqua marina d'ingressione continentale

Acque dolci ed acque marine sono separate, in realtà, da un livello idrico di transizione, denominato “zona di diffusione”, caratterizzato da un rapido incremento verticale di salinità. L'equilibrio che determina la separazione dei due livelli idrici (acque dolci ed acque salate) può, tuttavia, essere alterato dal prelievo di acque di falda, qualora questo sia effettuato in maniera errata, incontrollata e dissennata, ad esempio con portate di emungimento eccessive rispetto a quanto permettano le condizioni idrogeologiche locali, oppure con pozzi troppo ravvicinati o mal realizzati (per esempio troppo profondi).

La falda profonda, alimentata in prevalenza dalle acque meteoriche infiltratesi nel sottosuolo, è caratterizzata dalla presenza di modesti carichi idraulici. I valori più alti di carico idraulico si registrano nelle zone più interne, a partire da tali aree il livello piezometrico della falda si abbassa progressivamente, con cadenti piezometriche molto basse (0,1÷2,5%), in direzione delle zone costiere, ove esso tende a raccordarsi con il livello marino.

Il deflusso della falda profonda si esplica infatti essenzialmente in direzione del mare, ove le acque di falda normalmente si riversano, in maniera diffusa o concentrata, attraverso sorgenti costiere e/o polle sottomarine.

Sia i modesti carichi idraulici che le bassissime cadenze piezometriche confermano, in linea generale, l'elevata permeabilità media dell'acquifero carbonatico ospitante la falda profonda.

La ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica della falda profonda in corrispondenza dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico è stata eseguita sulla base dei dati riportati nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia oltre che da misure riscontrate nei pozzi riportati nelle immediatezze del sito. Sulla base dei dati acquisiti si è potuto constatare che il livello piezometrico si attesta intorno a 5 metri s.l.m., ovvero detto livello si stabilizza a profondità dell'ordine di 50 metri dal piano di campagna. Il deflusso delle acque di falda si esplica nella zona d'interesse da NW verso SE, per poi riversarsi nel Mare Ionio che ne rappresenta il livello di base.

6.3 RAPPORTI TRA L'INTERVENTO PROPOSTO E LA FALDA SUPERFICIALE

Come già ampiamente verificato nei paragrafi precedenti, la superficie piezometrica, è stata verificata direttamente misurandone il livello nei diversi pozzi presenti nell'intero comprensorio ed è stata determinata a profondità di circa 50 metri rispetto alla quota del piano di campagna, con minime oscillazioni annuali influenzate dalle precipitazioni locali contenute nel metro.



Tenuto conto che le opere progettate interferiscono solo con i primi metri della successione stratigrafica, in quanto sia le strutture di sostegno dei singoli pannelli che Sottostazione Elettrica saranno fondate a profondità non superiori a -3,50 metri dal p.c, si può concludere che non c'è nessuna interferenza tra le stesse opere fondali e la superficie piezometrica della falda superficiale

7. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e s.m.i. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Tabella 7.1 Zone a pericolosità sismica

ZONE A PERICOLOSITÀ SISMICA	
Zona	DEFINIZIONE
1	È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
3	I comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
4	È la zona meno pericolosa

Di fatto, viene eliminato il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Tabella 7.2 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).

SUDDIVISIONE DELLE ZONE SISMICHE	
Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag > 0.25
2	0.15 < ag ≤ 0.25
3	0.05 < ag ≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

La Regione Puglia, con D.G.R. n. 153 dell'02/03/2004, ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Puglia.

Dalla nuova classificazione regionale si rileva che il Comune di Veglie rientra in **zona 4** che significa, secondo la più recente normativa regionale un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima ($a_{g_{max}}$) < 0,05.

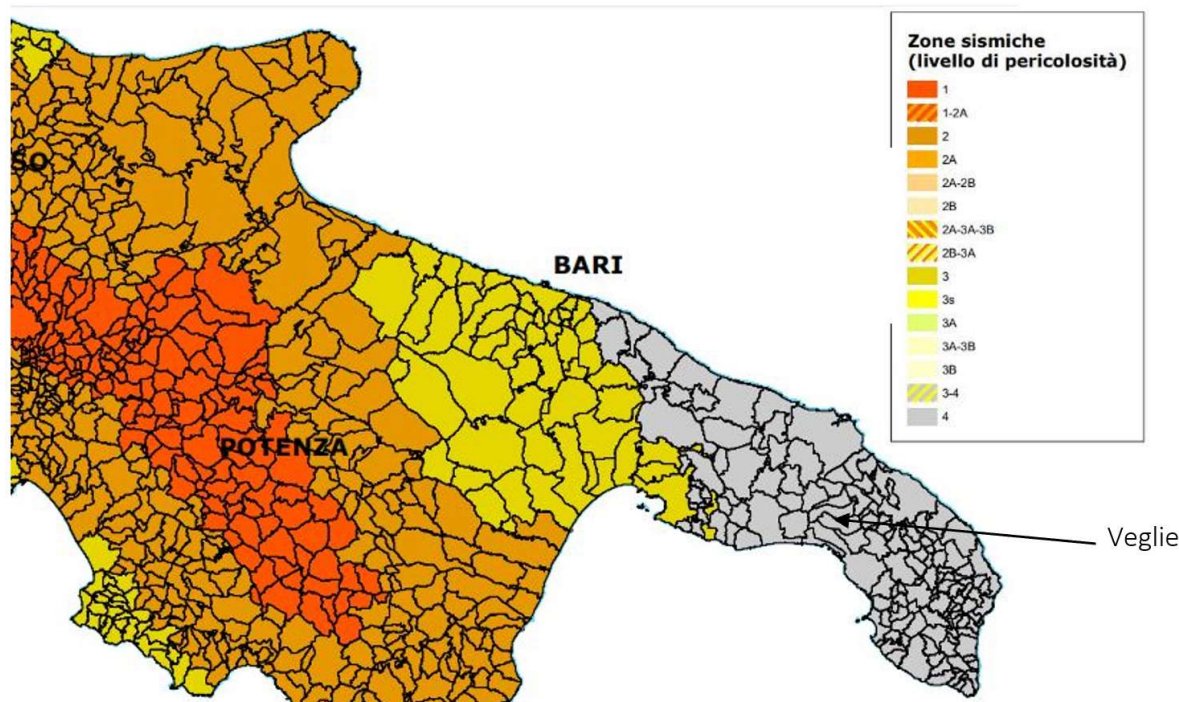


Figura 7.1: Classificazione sismica del gennaio 2019

Dal punto di vista sismico il Salento può essere considerato un'area complessivamente stabile e praticamente asismica. Negli ultimi 100.000 anni tale zona è stata, infatti, interessata essenzialmente da sollevamenti di origine isostatica avvenuti su scala regionale, essendosi esaurita l'ultima fase tettonica di rilievo presumibilmente nel Pleistocene inf. (Siciliano).

La quasi totalità delle scosse sismiche avvertite in tale ambito territoriale, sia in tempi recenti che in epoche storiche, sono in realtà riconducibili a terremoti di elevata magnitudo generati in prossimità delle prospicienti coste balcaniche. Forti eventi sismici con epicentro sul Gargano, nell'Appennino meridionale, nel Mare Jonio e nell'Arco Egeo, hanno infatti frequentemente fatto risentire i loro effetti, con intensità variabile, nella Penisola Salentina.

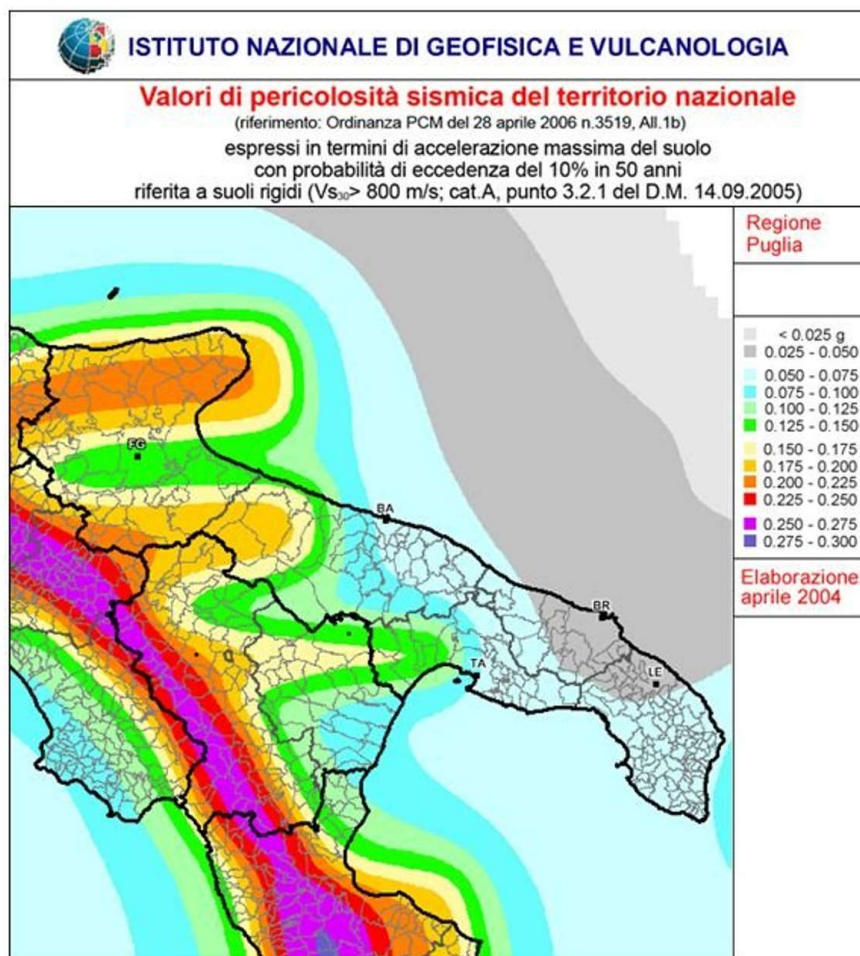


Figura 7.2: Carta della pericolosità sismica della Puglia

I dati a disposizione indicano che gli epicentri della maggior parte dei terremoti si localizzano nel settore alto del tavoliere, in zona garganica e appenninica (Irpinia). Tali eventi, in gran parte distruttivi nelle immediate vicinanze degli epicentri, hanno avuto influenza e continueranno ad agire in maniera tangibile sul Territorio in esame (Figura 7.2).

L'energia sismica generata negli ipocentri dell'Appennino meridionale (e del Gargano) è trasmessa, attenuata dalla distanza, per mezzo del basamento calcareo mesozoico posto alla profondità di parecchie centinaia di metri sotto all'area in esame.

È evidente che le sollecitazioni sismiche, passando alla sovrastante formazione argillosa plio-pleistocenica di grande potenza, con rigidità sismica inferiore, subiscono amplificazioni che possono ritenersi (grosso modo) uniformi nel sottosuolo dell'intera pianura foggiana fino al tetto delle argille grigio-azzurre.

L'altro decremento di rigidità sismica dovuta al passaggio dalle argille ai sovrastanti depositi sabbiosi, con presenza di falda acquifera, genera nell'onda che proviene dal bed-rock modificazioni negli spettri di accelerazione del terreno, con attenuazione delle frequenze più elevate ed amplificazione.

La caratterizzazione sismica delle principali unità litotecniche che costituiscono il territorio (categoria di sottosuolo, dell'azione sismica di progetto, D.M. 17.01.2018) è stata determinata facendo riferimento ai numerosi dati a disposizione ottenuti da indagini pregresse.

Per eseguire un'analisi di pericolosità sismica di un'area è necessario acquisire studi mirati a individuare le caratteristiche spaziali, temporali ed energetiche dell'attività sismica.

L'area in studio si localizza tra il fronte della catena appenninica e la Pianura di Capitanata. La sismicità registrata nell'ultimo secolo sembrerebbe alquanto limitata, ma qualora si vada a esaminare l'intero catalogo CPTI 04 (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), si evince che l'area è stata interessata da molti eventi sismici particolarmente intensi. Nella seguente tabella sono elencati i terremoti registrati nel territorio di Torremaggiore.

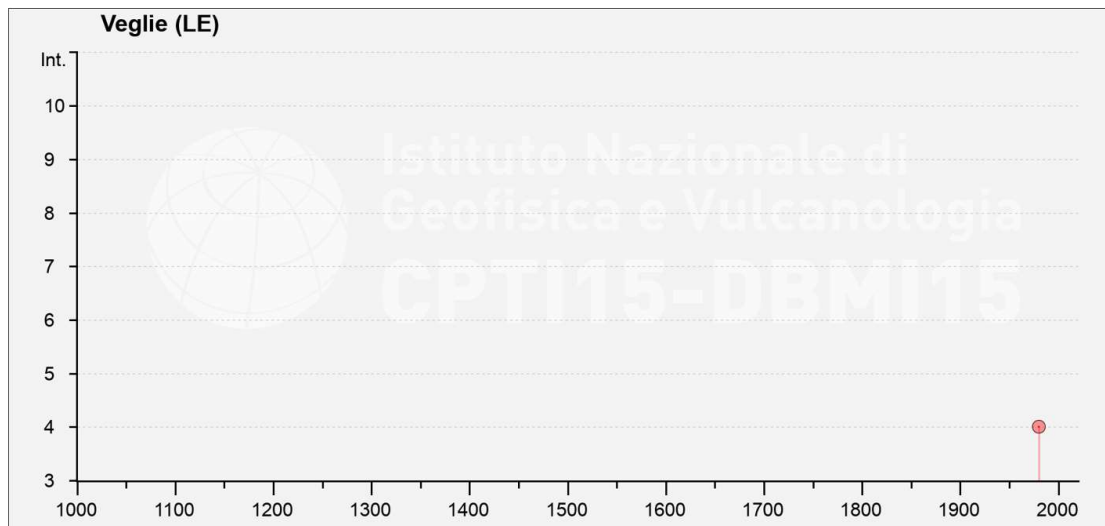


Figura 7.3: Storia sismica del Comune di Veglie [40.335, 17.970] –
https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/

Tabella 7:3 Elenco dei principali eventi sismici nel Comune di Veglie. - https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/

CPTI15 - DBMI15										
CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI 2015 - DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2015										
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA										
Seismic history of	Veglie									
PlaceID	IT_62830									
Coordinates (lat, long)	40.335, 17.970									
Municipality (ISTAT 2015)	Veglie									
Province	Lecce									
Regione	Puglia									
Is	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1934	10	6.81
NF	1988	04	13	21	28	2	Golfo di Taranto	272	6-7	4.86

8. PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

L'area è stata già investigata a più riprese, in relazione a diversi interventi eseguiti nell'intero comprensorio, con la realizzazione indagini geomeccaniche finalizzate alla ricerca di acque sotterranee a carotaggio continuo e indagini geofisiche.

In questa fase di studi è stata eseguita una prima ricognizione cartografica e aerofotogrammetrica a cui ha fatto seguito una indagine di superficie che è stata integrata con i risultati di indagini geofisiche che comprendono indagini sismiche a rifrazione e indagini tipo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves); il quadro conoscitivo è stato, infine, completato con l'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche necessarie a determinare la resistenza del suolo nei primi metri (max 7 metri) della successione stratigrafica.

Da qui si è risaliti alla determinazione dei parametri sismo-elastici del terreno indagato.

8.1 METODOLOGICHE DI INDAGINE ADOTTATE

La prospezione MASW è stata eseguita in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni del D. M. 17 gennaio 2018. Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

Inoltre, con l'indagine sismica a rifrazione, è stato possibile determinare le caratteristiche dinamiche del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (V_p), velocità delle onde trasversali S (V_s) ed i relativi parametri elastici (E, G, K e ν)³.

L'ubicazione degli stendimenti sismici è stata accuratamente valutato in campagna, per fornire indicazioni utili sulle successioni litostratigrafiche e ricoprire l'intera area interessata dal Parco Fotovoltaico. Di seguito metodologia d'indagine geofisica, di cui vengono evidenziati brevemente i fondamenti teorici.

Prospezione sismica di tipo MASW

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:

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

Dove

h_i = spessore dello strato i_{esimo} ;

V_{si} = 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/sec⁴.

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_{s30} , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

³ Allegato IV

⁴ 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.



Questo parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo tramite l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la velocità dipende dalla frequenza, che provoca dispersione dell'energia trasportata dalle onde stesse, vale a dire che la deformazione del treno di onde nel sottosuolo è dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta delle discontinuità come può essere una stratificazione.

Nelle nuove metodologie d'indagine sismica del sottosuolo si valutano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga superiore rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di queste onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S, operata con tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc.

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia MASW risulta particolarmente indicata in ambienti con spaziature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati "lenti" al di sotto del bedrock. Tuttavia, un limite di questa metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.

Prospezione sismica a rifrazione

La prospezione sismica a rifrazione prende in considerazione i tempi di propagazione delle onde elastiche che, generate al suolo, si diffondono nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un'onda sismica è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo e la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato dalla capacità di lasciarsi attraversare dalle onde elastiche con determinata velocità, questa è definita sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la pressione ed altro.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0,25 * z$;
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio (onde S), meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P; quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) le velocità delle onde p, misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidezza del terreno sono quelle di taglio.

8.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ DI CAMPO

Indagine sismica di tipo MASW

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite con strumentazione *Combinata PASI mod. 16SG24 (sismica 24 canali + tomografia elettrica 32 elettrodi)*.

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. L'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni a asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per il profilo MASW eseguito è stata adottata la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 16,50 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 1,50 m;
- offset di scoppio = 3,00 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;

- tempo di campionamento = 1 millisecondo.

Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" del peso di 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde elastiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce. Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di n. 01 profilo con acquisizione di onde longitudinali (P), avente la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 44,00 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4,00 m;
- End Shot A = 0,00 metri;
- Central Shot E = 24,00 metri;
- End Shot B = 48,00 metri;
- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 μ sec;
- Frequenza geofoni = 10.00 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

8.3 RISULTATI INDAGINE GEOSISMICA

La topografia della superficie del sito investigato è perfettamente e quindi non è stato necessario correggere le quote di acquisizione. Il rumore ambientale rilevato è stato assolutamente trascurabile e riferito alle normali attività di lavorazione dei campi limitrofi. Per tutte le stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'endshot esterno al 1° geofono sia per l'indagine sismica a rifrazione e sia per l'indagine MASW.

8.3.1 Elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW

L'elaborazione è stata sviluppata in due fasi:

1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;

2) inversione della curva di dispersione interpretata con picking della curva di dispersione, vale a dire che sono stati selezionati i punti che appartengono ad un certo modo di propagazione dell'onda superficiale con successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.0 della Eliosoft.

Dall'esame dei profili sismici si mette in evidenza una sostanziale omogeneità della successione litologica, pur osservando variazione degli spessori delle singole unità litostratigrafiche che possono essere messe in relazione alle modalità di sedimentazione e alle diverse lavorazioni agricole.

In particolare emerge, abbastanza chiaramente, un modello costituito da 3 unità sismostratigrafiche valore di $V_{s,eq}$ comprese tra 272 e 456 m/sec.

Tabella 8.1: Valore della $V_{s,eq}$ per i singoli stendimenti MASW

PROFILO MASW	$V_{s,eq}$	CATEGORIA SOTTOSUOLO	SITO
n.	m/sec	Tab. 3.2.II - D.M. 17 gennaio 2018	
1	362.42	B	A
2	390.82	B	B

Pur evidenziando che l'indagine MASW risente particolarmente del problema della non univocità del modello geofisico rispetto ai dati sperimentali ed è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$, più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, è stato possibile evidenziare una congruenza fra il modello ricavato dalle indagini MASW con quello determinato dall'indagine sismica a rifrazione.

Sulla base di valutazioni incrociate sull'attendibilità dei risultati ottenuti dalle ricostruzioni sismiche è possibile scegliere il modello ritenuto più conforme alla situazione litostratigrafica presente nell'area e di cui è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico.

8.3.2 Elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con l'ausilio di processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.

In allegato sono riportate le sezioni sismostratigrafiche interpretative, ottenute, scegliendo dei modelli a 3 strati, dove vengono indicate con SnA – SnB, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.

9. INDAGINE PENETROMETRICA

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura a);
- avanzamento (penetrazione);
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (Tabella 3) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

Tabella 9.1: Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici.

TIPO	SIGLA DI RIFERIMENTO	PESO DELLA MASSA BATTENTE	PRPF. MAX. DI INDAGINE
Leggero	DPL	$M \leq 10$	8 m.
Medio	DPM	$10 \leq M \leq 60$	20 ÷ 25 m.
Pesante	DPH	$40 \leq M \leq 60$	25 m.
Super Pesante	DPSH	$M \geq 60$	25 m.

Il penetrometro in uso nel corso dell'indagine PENNI 30 COMPAC, ha le seguenti caratteristiche:

- altezza di caduta $H = 0.20$ m;
- avanzamento $d = 10$ cm;
- punta conica ($a = 60-90^\circ$);
- diametro $\varnothing = 35.7$ mm;
- area base cono $A = 10$ cm².

Correlazione con N_{SPT}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti



riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = (\beta_t N)$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q_t}{Q_{SPT}}$$

In cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

Le prove penetrometriche eseguite hanno ricoperto l'intera area interessata dalla proposta progettuale, per quanto possibile, sovrapponendole alle linee degli stendimenti geofisici.

Tutte le prove eseguite sono state ripetute in adiacenza, a distanza di circa 1 metro in quanto, per la presenza a diverse profondità di elementi lapidei anche di grosse dimensioni, il rifiuto all'avanzamento della punta interveniva a profondità non compatibili con il quadro geolitologico d'insieme.

In appendice sono riportate le valutazioni statistiche e le correlazioni che permettono l'utilizzazione delle prove penetrometriche.

Dall'esame delle prove si è potuto sintetizzare un modello costituito da tre diverse unità litotecniche.



10. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

Le esposizioni naturali e i tagli di origine antropica in corrispondenza di piccole sezioni occasionali, osservati in vari luoghi del comprensorio, unitamente ai sondaggi eseguiti nell'intera area hanno evidenziato la presenza di una sequenza di sabbie fini, talora limose, con trovanti lapidei di piccole e medie dimensioni che sovrastano lenti argillose e limo-argillose.

L'analisi delle stratigrafie, ottenute da sondaggi sismici e penetrometrici eseguiti, consente di definire che i terreni in esame, nella loro variabilità granulometrica e nei rapporti geometrici verticali tra i vari strati, pur nella loro eterogeneità, mostrano una sostanziale uniformità che permette di inquadrarli in unità litotecniche dalle caratteristiche geotecniche definite.

La successione stratigrafica così individuata è si compone di uno strato superficiale costituito da terreno vegetale localmente misto a riporto generico, che poggia su banco ghiaioso talora molto cementato. Infine al di sotto si ha un livello sabbioso a tratti molto cementato.

10.1 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE

L'analisi delle indagini pregresse e la conoscenza diretta dei luoghi hanno permesso la ricostruzione dettagliata e il locale assetto litostratigrafico, con l'identificazione e la caratterizzazione dei principali orizzonti litologici caratteristici del substrato dell'area d'intervento e definendo, per ognuno di essi, le caratteristiche litotecniche peculiari indispensabili per una corretta progettazione geotecnica e strutturale delle opere che si vogliono realizzare.

Da quanto emerso nel corso delle indagini geognostiche è stato possibile individuare, nell'ambito della successione stratigrafica, diverse unità litotecniche omogenee per litologia e geotecnica. Il modello geotecnico che se ne ricava è un modello a tre unità litotecniche.

Unità Litotecnica "A"

Si tratta di suoli di copertura, di natura prevalentemente sabbiosa, localmente arricchiti di sostanza organica; frequenti i trovanti lapidei e È considerato un suolo incoerente, al più poco coesivo, da molto sciolto a sciolto, mediamente permeabile.

Lo spessore è compreso tra 1,20 e 2,0 metri.

Tabella 10.1

CARATTERISTICHE ELASTICHE E MECCANICHE DELL'UNITÀ LITOLOGICA "A"	
Spessore variabile	$h = 2,50 \div 3,00 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 16,75 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 28^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 9,8 \text{ kPa}$
Modulo di Edometrico medio	$E_m = 35,45 \text{ MPa}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.36$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 173.51 \text{ MPa}$
Modulo di Taglio dinamico	$G_d = 6 \text{ MPa}$

Unità Litotecnica "B"

È costituita da depositi limo argillosi e argille marnose con raro ghiaietto e altrettanto rari trovanti. È un suolo coesivo, molto denso, compressibile e poco permeabile. Lo spessore è compreso tra 4,30 e 5,50 metri.

Tabella 10.2

CARATTERISTICHE ELASTICHE E MECCANICHE DELL'UNITÀ LITOLOGICA "B"	
Spessore variabile	$h = 4,30 \div 5,50 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 18,50 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 30^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 14,70 \text{ kPa}$
Modulo di Edometrico medio	$E_m = 157,20 \text{ MPa}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.44$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 270 \text{ MPa}$
Modulo di Taglio dinamico	$G_d = 26 \text{ MPa}$

Unità litotecnica "C"

Questa unità è formata prevalentemente da depositi calcarenitici teneri, genericamente chiamati tufi calcarei. Si tratta di materiale piuttosto poroso, molto friabile, localmente alterato e carsificato.

Tabella 10.3

CARATTERISTICHE ELASTICHE E MECCANICHE DELL'UNITÀ LITOLOGICA "C"	
Spessore medio	$h = > 23 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 20,43 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 33^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 19,61 \text{ kPa}$
Modulo Edometrico medio	$E_m = 256.44 \text{ MPa}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.36$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 3001.15 \text{ MPa}$
Modulo di Taglio dinamico	$G_d = 34.50 \text{ Mpa}$

11. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 17.01.2018 N.T.C.)

Come evidenziato in precedenza, la regione Salentina è notoriamente un'area a bassa attività sismica, ma che risente degli effetti di aree sismogeneticamente attive (il Promontorio del Gargano e i monti del Subappennino Dauno), a causa dei particolari caratteri tettonici che li contraddistinguono, con notevoli disturbi (faglie), che nel corso degli anni è stata interessata da energia sismica intensa, con magnitudo comprese tra 5.0 e 6.5 e VIII/X grado MSK.

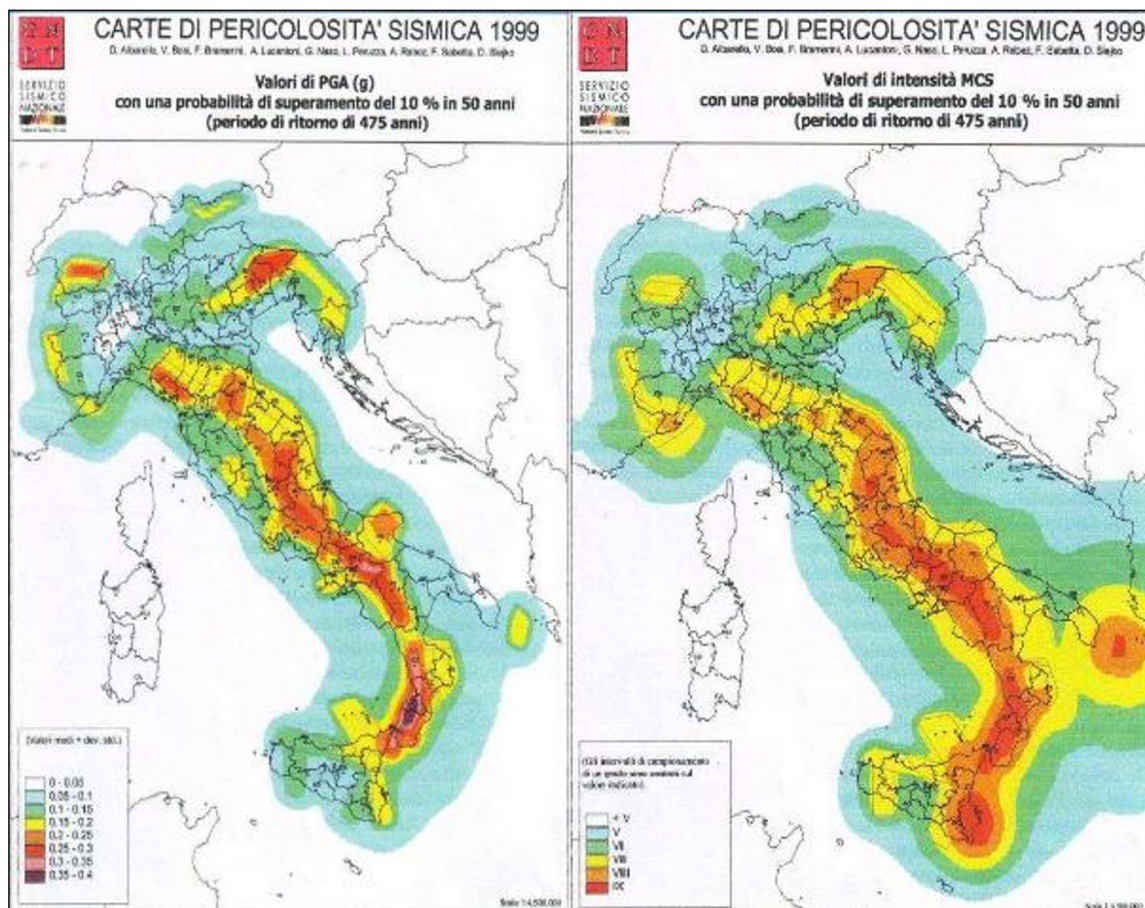


Figura 11.1: Carte della pericolosità sismica (Servizio Sismico Nazionale)

Gli studi effettuati, negli ultimi anni, sulla pericolosità sismica del territorio italiano, dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.), dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste (O.G.S.) e dal Servizio Sismico Nazionale (S.S.N.), hanno consentito di sviluppare una metodologia probabilistica sismo-tettonica, ampiamente consolidata ed adottata a livello internazionale, che prevede l'utilizzo di dati di base: catalogo sismico e Zonazione Sismogenetica (Z.S.), oltre all'adozione di criteri e metodi per l'elaborazione degli stessi dati.

Attraverso l'elaborazione dei dati, la pericolosità sismica, ossia "la stima dello scuotimento del suolo, previsto in un certo sito, durante un dato periodo, a causa di terremoti" è stata rappresentata dallo S.S.N. su due carte di pericolosità (1999).

Il Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" - fornisce le indicazioni per la progettazione e la verifica di nuove strutture secondo criteri antisismici.

Ai sensi del decreto, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento 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 del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per l'area in esame, sulla base delle indagini eseguite, si verifica l'assoluta stabilità dell'area; ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto e della categoria di sottosuolo (Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20/03/03 e aggiornamenti, modifiche, integrazioni, sostituzioni del D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, si potranno prendere in considerazione i seguenti elementi di valutazione:

- In base alla localizzazione geografica del sito di progetto vengono definiti i parametri di riferimento del moto sismico in superficie, successivamente correlati con gli stati limite e la vita nominale dell'opera. Ciò al fine di definire gli obiettivi da raggiungere in termini di sicurezza e prestazioni delle opere o parti di essa.
 - Individuazione del sito;
 - Regione Puglia, Provincia di Lecce, Comune di Veglie;
- Ricerca per coordinate: Long. 17.861033; Lat. 40.378199;
- La velocità media di propagazione potrà essere assunta mediamente superiore a 360 m/s, entro 30 m di profondità delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$, dello strato i_{esimo} , per un totale di N strati presente nei 30 m superiori;

Sulla base del valore $V_{s,eq}$ avendo considerato l'insieme delle indagini effettuate durante la campagna geognostica, considerando in modo cautelativo i risultati peggiori riscontrati, non considerando l'aumento delle caratteristiche geotecniche dei terreni con la profondità, si ipotizza un sottosuolo riferibile alla categoria "B".

Tabella 11.1: tab. 3.2. II NTC/18 - Categoria di sottosuoli

CATEGORIE SUOLI DI FONDAZIONE	
Tab. 3.2. II - D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".	
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m., caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente comprese tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine 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.

CATEGORIE SUOLI DI FONDAZIONE

Tab. 3.2.II - D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definiti per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.
---	---

- Le condizioni topografiche di entrambi i siti sono quelle di aree perfettamente pianeggianti con inclinazione media $i < 15^\circ$ (max 3°), sono riferibili alla categoria “T₁”, per cui il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) è pari a 1,0 (valori massimi del coefficiente tab. 3.2. III Norme Tecniche per le Costruzioni 2018).

Tabella 11.2: Tabella 3.2.III NTC 2018 – Categorie Topografiche

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	
Categoria Topografica	Ubicazione dell’opera o dell’intervento
T ₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T ₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T ₃	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T ₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 11.3: Tabella 3.2.III NTC 2018 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

VALORI MASSIMI DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA		
Categoria Topografica	Ubicazione dell’opera o dell’intervento	S_T
T ₁	-	1,0
T ₂	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T ₃	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T ₄	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Per il calcolo dei parametri sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri:

- Classe d’uso:** classe nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso; per le opere in progetto è la II (tab. 2.4.II) il cui uso prevede normali affollamenti), per cui il coefficiente d’uso risulta $C_U=1,0$;

Tabella 11.4: Tab. 2.4. II NTC 2018 – Valori del coefficiente d’uso C_U .

VALORI DEL COEFFICIENTE D’USO C_U .				
CLASSE D’USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

- **Vita nominale dell’opera V_N :** intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantiene gli specifici livelli prestazionali di progetto (da questo valore viene calcolato il Periodo di riferimento per l’azione sismica V_R come:

$$V_R = V_N * C_U \text{ (dove } C_U \text{ è il coefficiente d’uso);}$$

- **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} :** in funzione dello stato limite di riferimento.

Nel caso dell’opera in oggetto sono considerati i seguenti valori:

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.

Vita nominale V_N : 50 anni: costruzioni con livelli di prestazione ordinari.

Coefficiente d’uso C_U : 1 relativo alla classe d’uso II.

Periodo di riferimento per l’azione sismica: $V_R = V_N * C_U = 50 * 1 = 50$ anni

In funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori a_g , F_0 , T^*_c e del periodo di ritorno:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tabella 11.5: Stati limite

SPETTRI DI RISPOSTA SECONDO LE NTC 2018						
Stati limite		P_{VR}	Periodo di ritorno (anni)	a_g^5 (g/10)	F_0	T^*_c (sec)
SLE	SLO	81%	30	0,016	2,320	0,160
	SLD	63%	50	0,021	2,330	0,232
SLU	SLV	10%	475	0,502	2,520	0,467
	SLC	5%	975	0,609	2,648	0,522

⁵ a_g espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g

Dove:

- SLE = stati limite di esercizio
 - SLO = **stato limite di operatività**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
 - SLD = **stato limite di danno**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, 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.
- SLU = stati limite ultimi
 - SLV = **stato limite di salvaguardia della vita**: 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;
 - SLC = **stato limite di prevenzione del collasso**: 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.

Tabella 11.6: Calcolo dei coefficienti sismici (per stabilità di pendii e fondazioni) con Categoria di Suolo di categoria C

COEFFICIENTI SISMICI (PER STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI)				
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,006	0,014	0,018
kv	0,002	0,003	0,007	0,009
a _{max} [m/s ²]	0,155	0,214	0,512	0,621
β	0,280	0,280	0,280	0,280

Dove:

β = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito = 0,2

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (a_g/g)

g = accelerazione di gravità

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1,5 (SLO)-1,5 (SLD)-1,48 (SLV)-1,42 (SLC)

S_t = coefficiente di amplificazione topografica = 1,0



12. SINTESI CONCLUSIVA

Il presente studio descrive le caratteristiche geotecniche delle litologie affioranti nell'area interessata dal progetto prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo FLYNIS PV 7 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico in alcuni terreni a Nord - Ovest del comune di Veglie (LE) di potenza pari a 14.51 MW. È stata così programmata una campagna di studi nel rispetto del DM. 17.01.2018 - Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni», che ha previsto:

- n. 2 prospezioni sismiche superficiali con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves);
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione;
- n. 2 Prove penetrometriche dinamiche.

L'area oggetto di intervento è ubicata in un ambito debole pendenza espressione attuale di un terrazzo alluvionale a quote comprese tra 55 e 62 metri s.l.m.. Qui affiorano depositi alluvionali di età compresa tra il Pleistocene sup. e Olocene.

La successione stratigrafica individuata e la caratterizzazione geomeccanica delle singole unità litostratigrafiche è stata eseguita sulla base di un rilievo geologico tecnico e dalle correlazioni dei risultati di indagini geosismiche (MASW e a Rifrazione) e penetrometriche. È stato così ipotizzato un modello geotecnico a 3 unità litotecniche.

Le indagini sismiche eseguite, hanno consentito di determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei terreni investigati e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Il substrato di fondazione, sulla base dei risultati dell'indagine sismica è quasi interamente classificato come un suolo di categoria "B".

La $V_{s,eq}$ calcolata, per ciascun profilo di indagine MASW è risultata pari a:

- Profilo MASW 1 $V_{s,eq} = 362$ m/s Categoria "B"
- Profilo MASW 2 $V_{s,eq} = 390$ m/s Categoria "B"

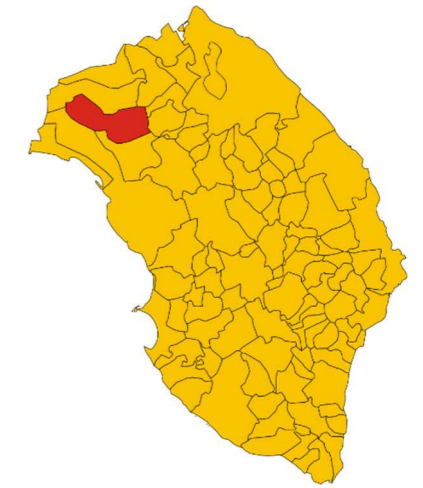
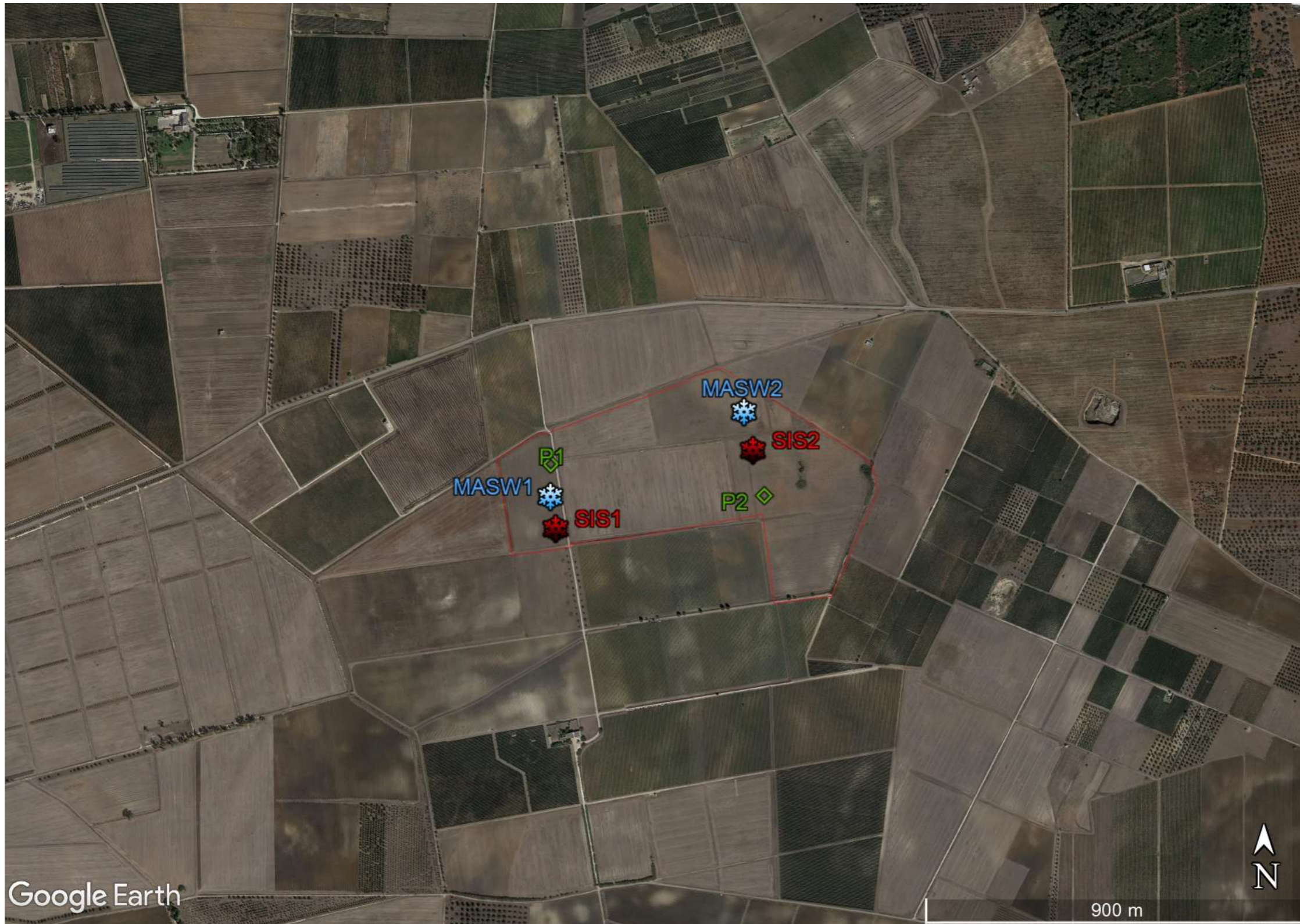
Per quanto attiene le condizioni topografiche, valutata la pendenza generale della piana si attribuisce una categoria topografica T_1 (pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ - valori misurati pari ad 1°) e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale si adotta un coefficiente topografico $S_T = 1,0$.

La presenza della falda freatica è stata riscontrata in numerosi pozzi diffusi in tutto il comprensorio utilizzati quasi esclusivamente per uso irriguo. Il livello freatico varia in relazione alla eterogeneità dell'acquifero e comunque la quota è sempre individuata a profondità superiori a 50 metri dal piano di campagna), il che porta ad escludere l'insorgenza di sovrappressioni neutre nel sistema terreno - fondazione.

Luglio 2022

dott. geol. Michele Pecorelli

ALLEGATO I
UBICAZIONE INDAGINI - CAMPO FOTOVOLTAICO

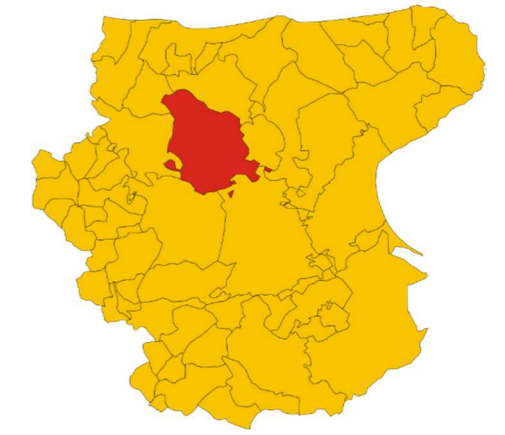


LEGENDA





- MASW
- SISMICA A RIFRAZIONE
- PROVE PENETROMETRICHE

ALLEGATO II

UBICAZIONE INDAGINI STAZIONE DI ELEVAZIONE MT/AT



LEGENDA

-  MASW
-  SISMICA A RIFRAZIONE
-  PROVE PENETROMETRICHE
-  POZZETTI GEOGNOSTICI

ALLEGATO II

PROSPEZIONI SISMICHE TIPO MASW

Prospezione MASW 1

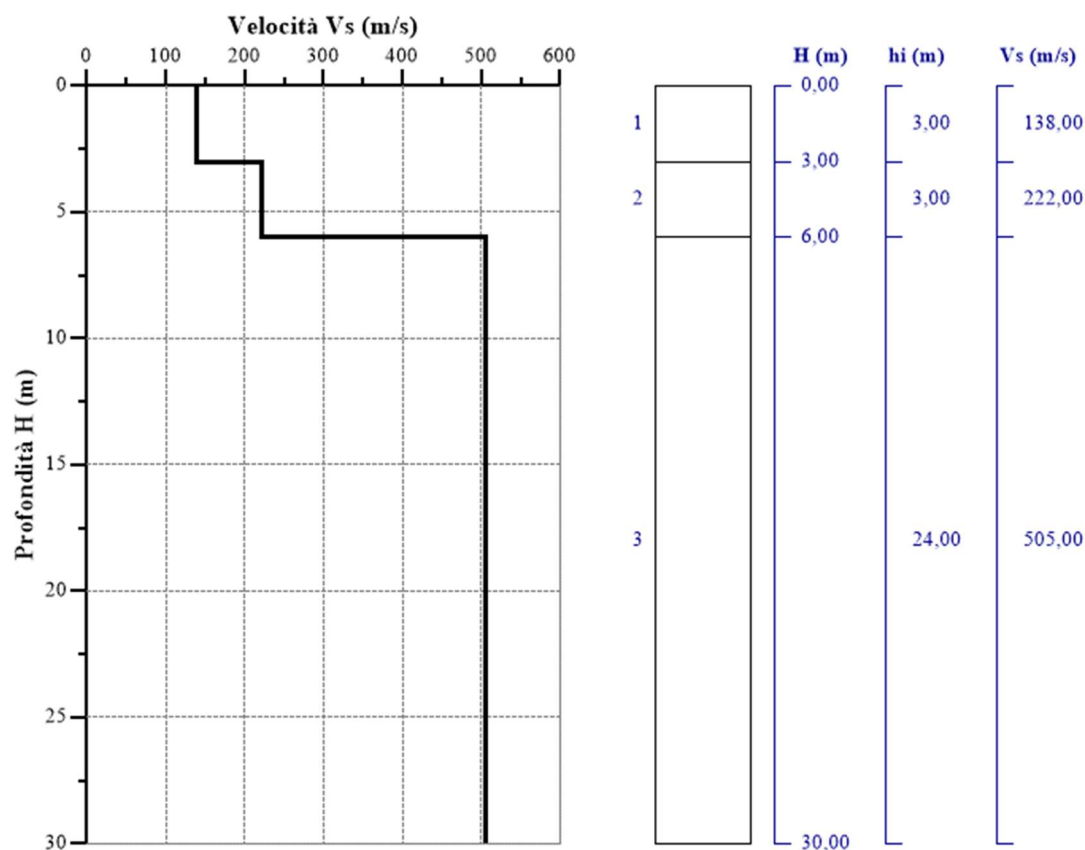
L'indagine MASW 1 ha restituito un valore di $V_{s,eq} = 362 \text{ m/s}$,

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità investigate.

MASW 1			
MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	138	3.00	0.00-3.00
SISMOSTRATO II	222	3.00	3.00-6.00
SISMOSTRATO III	505	Semispazio	Semispazio
$V_{s,eq} = 362.42 \text{ m/sec}$			

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda alla tabella seguente.

MASW 1		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale di natura sabbiosa	0.00-3.00
SISMOSTRATO II	Calcareniti a grana media-grossolana	3.00-6.00
SISMOSTRATO III	Calcareniti stratificate	Semispazio



Prospezione MASW

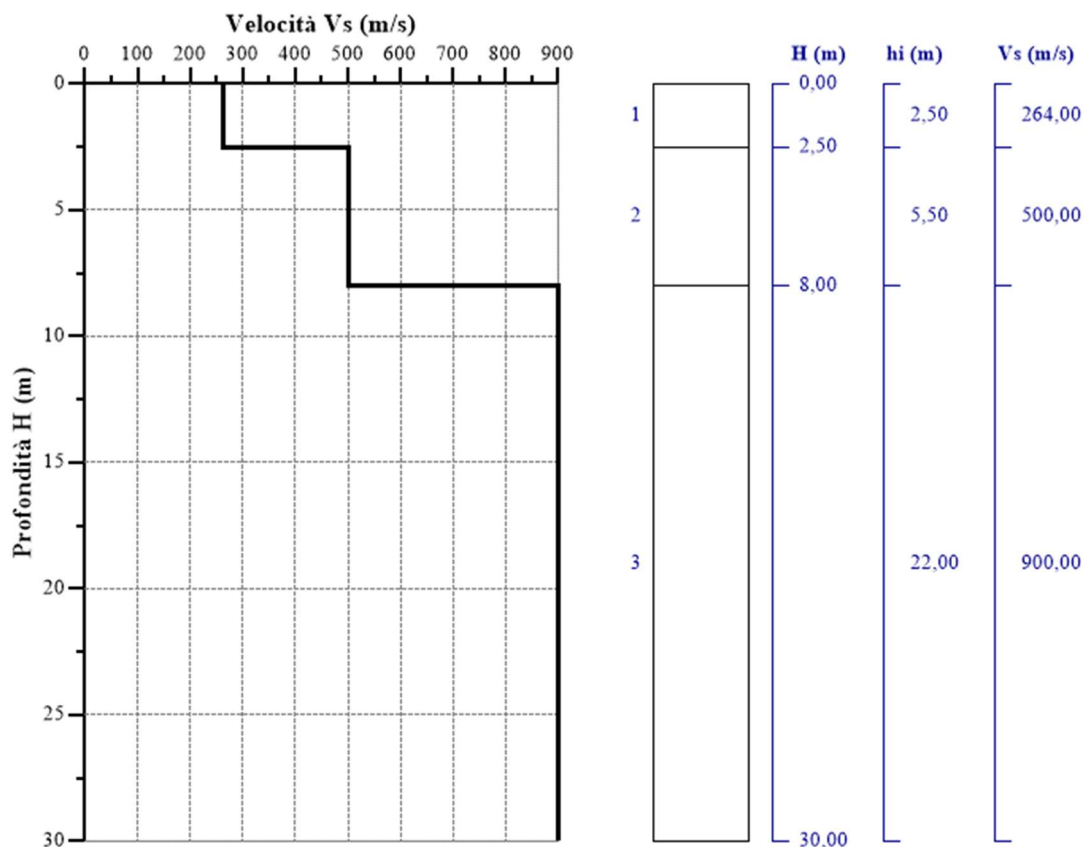
L'indagine MASW 12 ha restituito un valore di $V_{s,eq} = 391 \text{ m/s}$,

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità investigate.

MASW 2			
MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	264	2.50	0.00 – 2.50
SISMOSTRATO II	500	5.50	2.50 – 8.00
SISMOSTRATO III	900	Semispazio	Semispazio
$V_{s,eq} = 390.82 \text{ m/sec}$			

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda alla tabella seguente.

MASW 2		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale di natura sabbiosa	0.00 – 2.50
SISMOSTRATO II	Calcareniti a grana medio - grossolana	2.50 – 8.00
SISMOSTRATO III	Calcareniti stratificate	Semispazio



ALLEGATO III

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

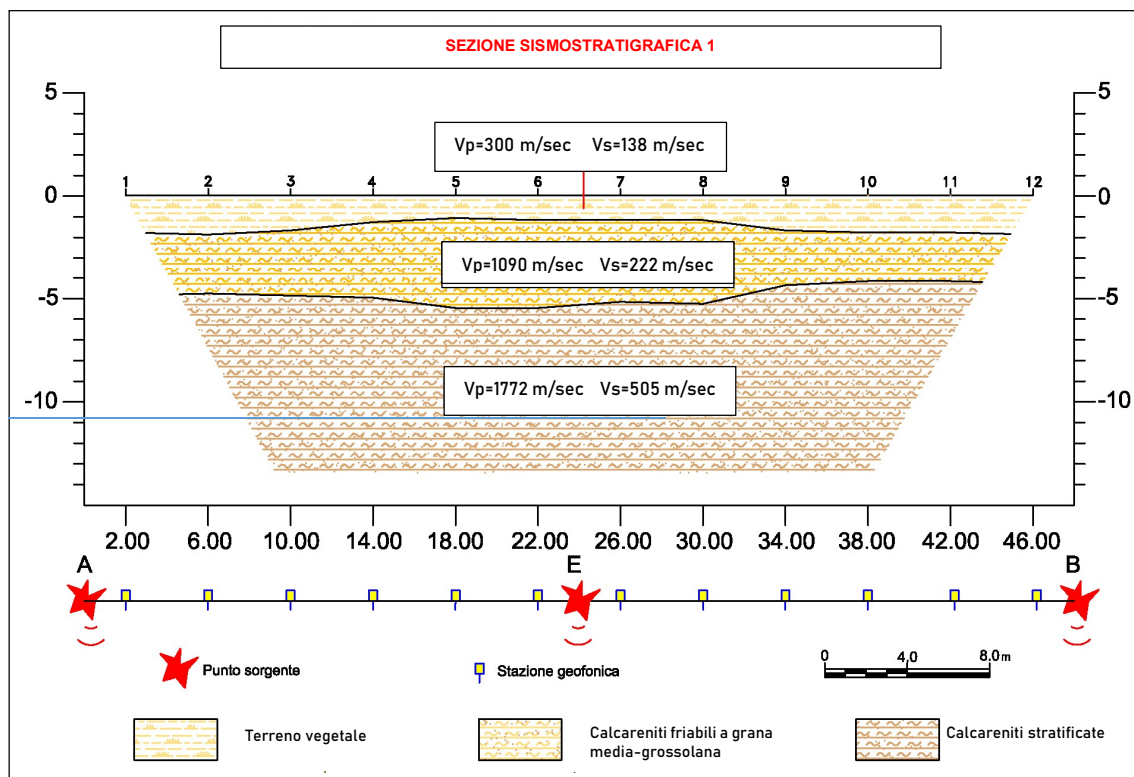
Prospezione Sismica 1

PROSPEZIONE SISMICA 1				
Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
I	300	138	0.00	2.20 – 2.50
II	1090	222	2.20 – 2.50	7.50 – 8.00
III	1772	505	Indefinito	

A queste si associano le unità litostratigrafiche di seguito riportate

PROSPEZIONE SISMICA 1	
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale
SISMOSTRATO II	Calcareniti friabili a grana medio-grossolana
SISMOSTRATO III	Calcareniti stratificate

MODULI DINAMICI PROFILO 1			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	300	1090	1772
Velocità Onde S (m/s):	138	222	505
Modulo di Poisson:	0.366	0.478	0.456
Peso di volume (KN/m ³):	16.75	18.50	19.61
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	3.00	3.00	24.00
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o N/mm ²)	173	270	3000
MODULO DI TAGLIO G (Mpa o N/mm ²)	6	26	34
MODULO DI INCOMPRESSIBILITÀ (Kg/cmq)	844	20244	57024



Prospezione Sismica 2

PROSPEZIONE SISMICA 2				
Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	550	264	0,00	2,50 – 2.70
SISMOSTRATO II	1194	500	2,50 – 2,70	7,50 – 8,00
SISMOSTRATO III	1951	900	Indefinito	

A queste si associano le unità litostratigrafiche di seguito riportate

PROSPEZIONE SISMICA 2	
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale
SISMOSTRATO II	Calcareniti friabili a grana medio-grossolana
SISMOSTRATO III	Calcareniti stratificate

MODULI DINAMICI PROFILO 2			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	550	1194	1951
Velocità Onde S (m/s):	264	500	900
Modulo di Poisson:	0.350	0.394	0.365
Peso di volume (KN/m ³):	16.74	18.55	19.60
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.50	5.50	22.00
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o N/mm ²)	170	275	3010
MODULO DI TAGLIO G (Mpa o N/mm ²)	6	25	36
MODULO DI INCOMPRESSIBILITÀ (Kg/cmq)	3186	20155	56878

ALLEGATO IV

A. PROVE PENETROMETRICHE - VALUTAZIONI STATISTICHE E CORRELAZIONI

A.1 ELABORAZIONE STATISTICA

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

A.2 PRESSIONE AMMISSIBILE

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione per svergolamento o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

A.3 CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI INCOERENTI

LIQUEFAZIONE

Permette di calcolare utilizzando dati **Nspt** il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di SHI-MING (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se **Nspt** dello strato considerato risulta inferiore a **Nspt** critico calcolato con l'elaborazione di **SHI-MING**.

CORREZIONE NSPT IN PRESENZA DI FALDA

$N_{SPT}Corretto = 15 + 0.5 \times (Nspt - 15)$ **Nspt** è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

ANGOLO DI ATTRITO - GRADI

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof.< 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq);

- Meyerhof 1956 - Correlazione utilizzata per terreni coesivi in genere, argillosi ed argillosi marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti, terreno vegetale, coltri detritiche e terreni flyschoidi (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $s > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 mt. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof, di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

DENSITÀ RELATIVA %

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per sabbie fini e ghiaiose NC ; per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

MODULO DI YOUNG E (Kg/cmq)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

MODULO EDOMETRICO (Kg/cmq)

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia.
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

GRADO DI ADDENSAMENTO

- Classificazione AG.I. 1977

PESO DI VOLUME GAMMA (t/mc)

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

PESO DI VOLUME SATURO (t/mc)

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $G=2,65$ t/mc) e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt=0) a 1,99 (Nspt=95)

MODULO DI POISSON (MU)

- Classificazione A.G.I.

VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO Vs (m/sec)

- Ohta e Goto (1978); correlazione valida per terreni limosi, sabbie e ghiaia.

MODULO DI DEFORMAZIONE DI TAGLIO G (kg/cm²)

- Ohsaki & Iwasaki - G (kg/cm²) elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cm².

MODULO DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO Ko (Kg/cm²)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

RESISTENZA ALLA PUNTA DEL PENETROMETRO STATICO – QC (Kg/cm²)

- Robertson 1983 Qc (Kg/cm²).

A.4 CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI**COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cm²)**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt <8, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cm²) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con Nc=20 e Qc/Nspt=2.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a mediobassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

RESISTENZA ALLA PUNTA DEL PENETROMETRO STATICO - QC (Kg/cmq)

- Robertson 1983 Qc (Kg/cmq).

MODULO EDOMETRICO-CONFINATO Mo (Eed) (Kg/cmq)

- Stroud e Butler (1975) - Mo (Eed) (Kg/cmq)- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a medio-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP < 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP < 20) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq) - valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt=6-12).

MODULO DI YOUNG E (Kg/cmq)

- Schultze-Menzenbach - Ey (Kg/cmq) (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - E Young (Kg/cmq) correlazione valida per argille sature - argille fessurate.

STATO DI CONSISTENZA

- Classificazione A.G.I. 1977

PESO DI VOLUME GAMMA (t/mc)

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

PESO DI VOLUME SATURO (t/mc)-

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche:
peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (Nspt=0) a 0,545 (Nspt=28)

