



REGIONE PUGLIA
 PROVINCIA DI FOGGIA
 COMUNI DI FOGGIA E MANFREDONIA



PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN LOCALITA' "PEZZAGRANDE" AL FOGLIO N.161 P.LLA N. 2, E NEL COMUNE DI MANFREDONIA IN LOCALITA' "VACCHERECCIA DI GRECO" AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 17, 142, 498, 500 E 512, E IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 131 P.LLE NN.13, 206 E 207, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 128 ALLE P.LLE NN. 45, 79, 113 E 169 E AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 481, 485 E 486, AVENTE UNA POTENZA PARI A **30.038,68 kWp**, DENOMINATO "**MARTILLO**"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA DEL PROGETTO DEFINITIVO



**IMPIANTO
 AGRIVOLTAICO
 AVANZATO**

**LAOR
 (Land Area
 Occupation Ratio)
 13,96%**

LIV. PROG.	RIF. COD. PRATICA TERNA	CODICE ISTANZA AU	TAVOLA	DATA	SCALA
PD	202200828	GWWF184	A.2	20.10.2023	-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

ENTE

FIVE-E

RESPONSIBLE INVESTMENT

HF SOLAR II S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

FIRMA RESPONSABILE

PROGETTAZIONE

PROFESSIONISTA INCARICATO

HORIZONFIRM

Ing. D. Siracusa
 Ing. A. Costantino
 Ing. C. Chiaruzzi
 Ing. G. Schillaci
 Ing. G. Buffa
 Ing. M.C. Musca

Arch. M. Gullo
 Arch. A. Calandrino
 Arch. S. Martorana
 Arch. F. G. Mazzola
 Arch. G. Vella
 Dott. Agr. B. Miciluzzo

HORIZONFIRM S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

FIRMA DIGITALE PROFESSIONISTA

FIRMA OLOGRAFA E TIMBRO



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

INDICE

1- Premessa	Pag. 2
2- Inquadramento geografico	Pag. 5
2.1 – Ubicazione Area d’Intervento	Pag. 5
3- Cenni geologici e geomorfologici	Pag. 9
3.1 – Geologia Generale	Pag. 9
4- Caratterizzazione dei litotipi locali e Assetto Litostratigrafico	Pag. 13
4.1 – Geolitologia	Pag. 13
4.2 – Geomorfologia	Pag. 20
5 – Ambiente Idrico: Acqua Superficiale e Acque Sotterranee	Pag. 25
5.1 – Acque Superficiali	Pag. 25
5.2 – Idrogeologia e Acquiferi	Pag. 28
5.3 – Falde Idriche	Pag. 35
6 – Sismicità	Pag. 38
6.1 – Inquadramento sismico	Pag. 38
7 – Indagini Eseguite	Pag. 47
8 – Considerazioni Conclusive	Pag. 50

APPENDICE

Allegato 1 **Risultati Indagini Sismiche**



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo"

- 1 - PREMESSA

La Società HF SOLAR 11 S.r.l con sede in Viale Francesco Scaduto n. 2/D – 90144 Palermo, società del gruppo Five – E Italy S.r.l. ha commissionato alla scrivente, *Dott.ssa Giovanna Amedei*, Geologa, iscritta all'O.R.G. della Puglia al n. 438 e con studio professionale in Rodi Garganico, alla Via Pietro Nenni n. 4, incarico per eseguire gli studi e redigere la presente relazione a supporto del ***“PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN LOCALITA' "PEZZAGRANDE" AL FOGLIO N.161 P.LLA N. 2, E NEL COMUNE DI MANFREDONIA IN LOCALITA' " VACCHERECCIA DI GRECO " AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 17, 142, 498, 500 E 512, E IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 131 P.LLE NN.13, 206 E 207, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 128 ALLE P.LLE NN. 45, 79, 113 E 169 E AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 481,485 E 486, AVENTE UNA POTENZA PARI A 30.038,68 kWp, DENOMINATO "MARTILLO"***

Scopo dello studio è stabilire la natura litologica dei terreni affioranti per definire la loro compatibilità geologica, idrogeomorfologica e sismica con le opere da realizzarsi.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Saranno anche forniti gli elementi necessari a definire il grado di pericolosità geomorfologica, idraulica e sismica del territorio, da considerare in fase progettuale al fine di garantire la conformità delle opere ai sensi delle vigenti normative tecniche di settore.

Per l’espletamento dell’incarico ricevuto nel complesso sono state eseguite le seguenti operazioni:

- Rilevamento Geologico di tutte le aree interessate dal progetto ed in ampie zone ad esse circostanti integrati dallo studio della Carta Geologica d’Italia, delle Cartografie Tecniche e Topografiche disponibili e di diverse carte tematiche presenti nella letteratura tecnico – scientifica al fine di acquisire gli elementi di base riguardanti la geologia, la geomorfologia e l’idrogeologia dell’intera porzione di territorio coinvolto dal progetto;
- Studio bibliografico di lavori geognostici eseguiti in aree appartenenti allo stesso “territorio geologico” di quello in esame nonché indagini geologiche, geologiche-tecniche e sismiche a carattere generale eseguite in passato, dalla scrivente, sempre nell’ambito del territorio di progetto. Sono state eseguite anche indagini sismiche e Masw per integrare i dati del rilievo geologico di superficie, fornire indicazioni sull’assetto stratigrafico del sottosuolo e classificare il terreno secondo quanto previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Dal punto di vista legislativo si sono tenute in debito conto le seguenti norme:



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo"

Decreto 17 Gennaio 2018	<i>Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni</i>
Ordinanza P.C.M. n. 3274 20/03/03 e s.m. e i.	<i>"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica</i>
Circ. Min. LL. PP. n. 30483 del 24/09/1988	<i>"Norme di attuazione del D.M. 11.03.1988";</i>
DM LL.PP. 11/03/88	<i>"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01/06/88, n.127 Suppl.</i>
NTA del PAI –Puglia del 30/11/05	<i>Norme Tecniche di attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia</i>

In termini documentali, invece, si è considerata la seguente documentazione:

1. ISPRA: *Pericolosità e rischio idrogeologico* - <https://idrogeo.isprambiente.it>;
2. Zonazione sismogenetica ZS4 adottata dal GNDT nel 1996 e relativa legenda (fonte: <http://emidius.mi.ingv.it>);
3. ISPRA – Progetto CARG: "Carta Geologica d'Italia", scala 1:50.000;
4. Cartografia PAI Regione Puglia



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

L'impianto agrivoltaico avanzato sarà realizzato all'interno del territorio comunale di Foggia (FG) in Località Pezzagrande, nel territorio comunale di Manfredonia (FG) in Località Vacchereccia di Greco e in Località Macchiarotonda mentre le relative opere di connessione alla RTN sono individuate in agro di Manfredonia in località Macchiarotonda, con la realizzazione della Sottostazione Elettrica di Utenza). L'impianto sarà collegato all'area individuata per la connessione alla RTN attraverso cavidotti interrati a 30 kV, ricadente in territorio comunale di Foggia e di Manfredonia che interesseranno principalmente la viabilità pubblica eccetto un tratto individuato all'interno del Foglio 129 del comune di Manfredonia che attraverserà terreni di privati sino alla SSE di Utenza.

Dal punto di vista cartografico, le aree oggetto dell'indagine, si collocano sulla CTR alla scala 1:5.000 nelle Sezioni N°409092, 409103, 409131, 409132, 409143, 409144 e nell'IGM n° 409 nella serie in scala 1:50.000.

L'impianto sarà così suddiviso:

- la parte di impianto sita in agro di Foggia in Località Pezzagrande e in agro di Manfredonia in località Macchiarotonda, risiederà su un appezzamento di terreno denominato “Plot 1”. Questo è posto ad un'altitudine media di circa **29.00** m.s.l.m., di forma poligonale irregolare,avente un'estensione di circa **49,5 Ha**.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

- la parte di impianto sita in agro di Manfredonia in località Vacchereccia di Greco, risiederà su un appezzamento di terreno denominato “Plot 2”. Questo è posto ad un’altitudine media di circa **25.00** m.s.l.m., di forma poligonale abbastanza regolare, avente un’estensione di circa **32,2 Ha**.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”



Fig. 1: Ubicazione dell'area d'intervento



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Dal punto di vista catastale le aree sono individuabili secondo il prospetto allegato:

<i>Comune</i>	<i>Località</i>	<i>Fgl di Map- pa</i>	<i>P.lle</i>
<i>Foggia</i>	<i>Pezzagrande</i>	<i>161</i>	<i>2</i>
<i>Manfredonia</i>	<i>Vacchereccia di Greco</i>	<i>129</i>	<i>17, 142, 498, 500, 512</i>
<i>Manfredonia</i>	<i>Macchiarotonda</i>	<i>131</i>	<i>13, 206, 207</i>
<i>Manfredonia</i>	<i>Macchiarotonda</i>	<i>129</i>	<i>481, 485, 486</i>
<i>Manfredonia</i>	<i>Macchiarotonda</i>	<i>128</i>	<i>45, 79, 113, 169</i>



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

3.1 – Geologia Generale

La storia geologica della Regione Puglia si inquadra all'interno del contesto dei complessi e differenziati processi geologici che, secondo la teoria della tettonica a zolle, hanno contraddistinto l'evoluzione dell'area mediterranea riguardo la genesi della Penisola italiana. In tale contesto evolutivo, il territorio pugliese costituiva in origine una propaggine del margine settentrionale del Paleocontinente africano.

Durante il Triassico, a seguito della frammentazione della Pangea e dell'apertura dell'Oceano ligure- piemontese, questo settore crostale subì una progressiva sommersione controllata da una tettonica di tipo estensionale. Per tutto il Trias superiore, la sedimentazione terrigena fu sostituita da depositi evaporitici, anidritico gessosi e carbonatici di ambiente epicontinentale.

Successivamente, durante il Giurassico e il Cretacico, il margine settentrionale della zolla africana si scompose in più frammenti probabilmente a seguito di una tettonica disgiuntiva, attivata da differenti tipi di faglie. Sui diversi frammenti, di cui uno costituì il promontorio africano, si impiantarono estese piattaforme carbonatiche con interposti bacini pelagici, caratterizzati da attiva sedimentazione.

Nel territorio pugliese, le successioni carbonatiche sia di piattaforma (Piattaforma carbonatica apula) sia di bacino marginale (Bacino



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

est - garganico) del Giura superiore e del Cretaceo sono ben esposte nel massiccio del Gargano. Le successioni affioranti nell’altopiano murgiano e nelle Serre salentine, invece, hanno età cretacea e presentano essenzialmente facies di piattaforma interna. L’area del Tavoliere, in cui ricade l’area di impianto, è costituita da unità plio-pleistoceniche della Fossa Bradanica e dell’avampaese (Fig. 2)

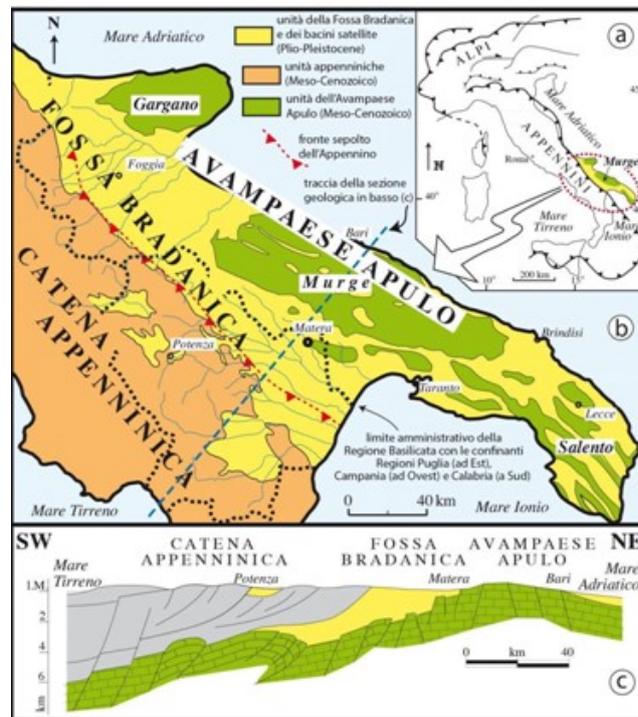


Fig. 2: Schema geologico schematico della Fossa Bradanica e delle aree limitrofe (da Cotecchia V., 2014).

Dal punto di vista geologico nel Tavoliere affiorano litotipi di diversa natura ed età che, sulla base dei caratteri litostratigrafici e in considerazione dell’area geografica di appartenenza, possono essere attribuiti ai seguenti complessi stratigrafici:



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

- Complesso delle unità della Catena Appenninica (Cretaceo – Pliocene medio);
- Complesso delle unità dell’Avampaese Apulo (Cretaceo – Pleistocene sup.);
- Complesso delle unità del Tavoliere (Pliocene – Olocene).

I rapporti tra i diversi complessi sono espressi, in modo schematico, nella sezione geologica di Fig. 3.

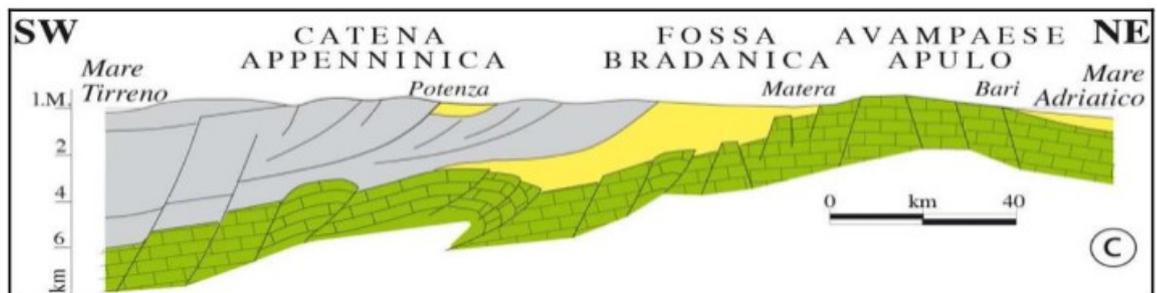


Fig. 3: Sezione Geologica Schematica dei rapporti Stratigrafici

Inoltre il Tavoliere, inteso come macrostruttura costituente parte del sistema di avanfossa, risulta a sua volta solcato da sistemi di faglie che lo suddividono in vari settori dislocati nel sottosuolo a profondità variabili.

In particolare, il Tavoliere centro-meridionale risulta delimitato da importanti lineazioni tettoniche a direzione anti-appenninica (ENE-WSW) quali la lineazione Manfredonia - Sorrento a Nord e quella Trinitapoli-Paestum a Sud.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

L’altro sistema principale di faglie, ad andamento prevalentemente appenninico (WNW- ESE), determina invece la suddivisione del substrato carbonatico in una serie di blocchi, dislocati nel sottosuolo a profondità crescenti procedendo da Est verso Ovest.

Per le particolari caratteristiche altimetrico - strutturali, quest’area è stata interessata, soprattutto nel Pliocene, da fenomeni di subsidenza e intensa sedimentazione, seguita da un sollevamento generalizzato su vasta scala innescatosi a partire dal Pleistocene inferiore.

In epoca tardo-pleistocenica ed olocenica ha invece risentito soprattutto delle oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino, che hanno dato origine ad una serie di terrazzamenti che costituiscono gli elementi geomorfologici caratteristici di tutta l’area del Tavoliere.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

4 - Caratterizzazione dei litotipi locali e Assetto Litostratigrafico

4.1 – Geologia di Dettaglio

Dal punto di vista geologico l’area d’intervento è inquadrabile nel Foglio n. 409 - Zapponeta - della Carta Geologica d’Italia a Scala 1:50.000, redatta dall’ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) - (Fig. 3);

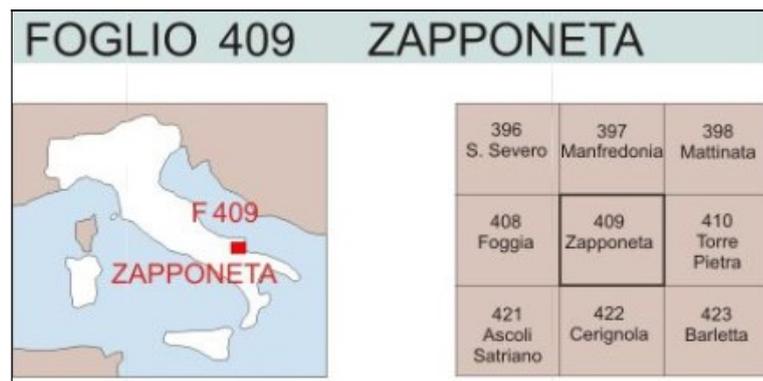


Fig. 3: Inquadramento geologico dell’area di progetto

I terreni direttamente coinvolti dall’impianto e le opere annesse, esclusi i cavidotti, sono riferibili (Fig. 4) alla Formazione del **Sintema dell’Incoronata (RPL1)** rappresentato da Depositi Alluvionali costituiti da corpi lenticolari di silt argillosi, di silt e di sabbie fini ai quali sono a luoghi intervallate lenti di sabbie grossolane e/o di microconglomerati. La superficie superiore del sintema è localmente caratterizzata da sottili coperture di limi di color scuro particolarmente ricchi di sostanza organica che testimoniano le ripetute fasi di esondazione o periodi



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

di formazione di aree paludose. L’area in cui affiora questa unità costituisce una considerevole porzione dell’ampia piana di Foggia, che si sviluppa maggiormente nelle aree poste ad oriente della città, dove verrà realizzato l’impianto di progetto, verso la linea di costa attuale. A luoghi è possibile osservare alcuni tratti di paleoalvei; la piana alluvionale del T. Cervaro è incisa da un ristretto alveo attuale, che risulta depresso rispetto alla piana medesima, tanto che in questo tratto del corso d’acqua si verificano raramente tracimazioni.

Il Subsistema dell’Incoronata (RPL1), insieme al Subsistema di Masseria Torricelli (RPL2) e Subsistema delle Marane La Pidocchiosa - Castello (RPL3) costituiscono il Sistema dei torrenti Carapelle e Cervaro (RPL) che nella sola porzione sudorientale del Foglio sviluppa un’ampia valle fluviale in cui scorre, in un ristretto alveo a luoghi incassato, il T. Cervaro. L’Età è riferibile al Pleistocene superiore – Olocene.

I cavidotti, invece, interessano anche la Formazione del **Sistema di Masseria inacquata** che raggruppa tutti i sedimenti che costituiscono la piana alluvionale più bassa. Il limite inferiore è costituito da una superficie di discordanza sul sub sistema dell’Incoronata (RPL1), sul subsistema delle Marane La Pidocchiosa-Castello (RPL3), sui depositi di versante (a), sui depositi alluvionali recenti (b_b), sul subsistema di Amendola (MLM1). Il limite superiore coincide con la superficie topografica o con la base dei depositi alluvionali attualmente in evoluzione (ba), dei depositi antropici (h), dei depositi



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

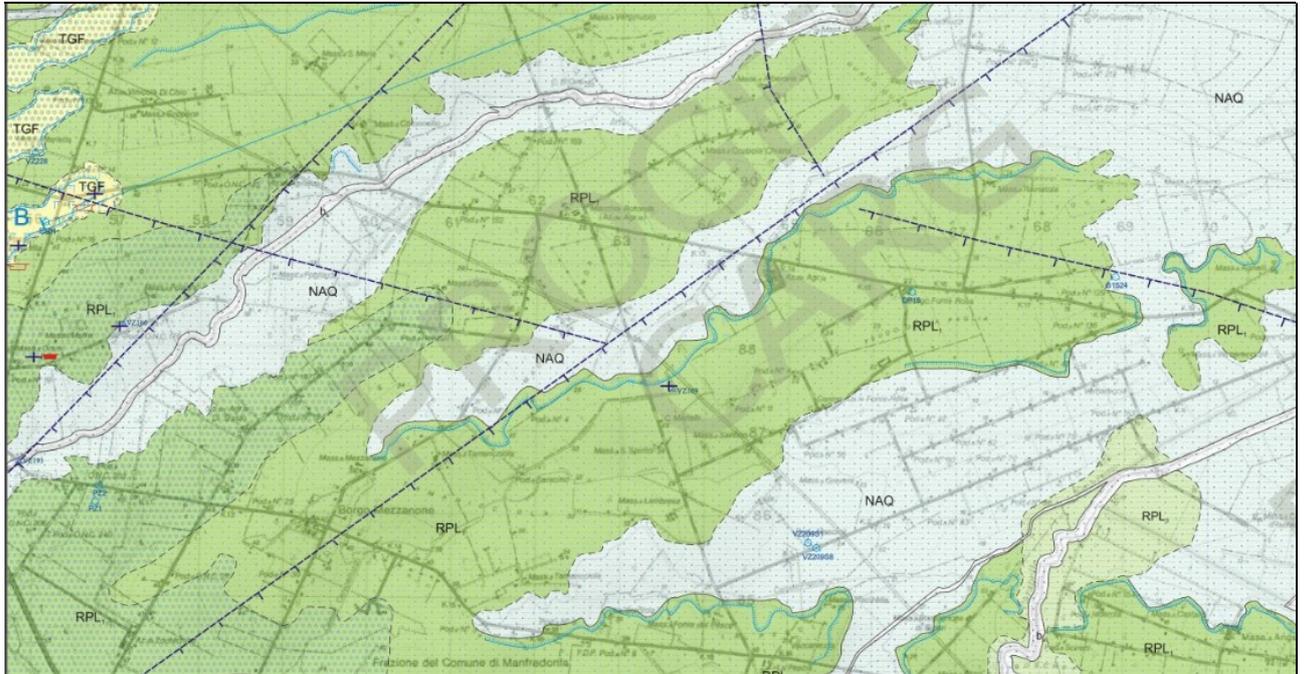
palustri (e5), o delle sabbie litorali (g2). La formazione è costituita da depositi alluvionali passanti verso la costa a depositi di spiaggia sommersa. Si tratta di depositi costituiti prevalentemente da argille, sabbie e silt di colore dal bruno scuro, al grigio, al giallastro, spesso con lamine da piano-parallele ad ondulate, presenti soprattutto nei livelli sabbiosi e limosi.

L’ambiente di sedimentazione è di piana alluvionale a bassa energia con episodi di overbank. Verso est si passa a depositi di spiaggia sommersa costituiti da sabbie grigio chiaro da fini a grossolane, con intercalati livelli di ciottoli silicei di provenienza garganica. Le associazioni fossilifere riconosciute indicano ambienti tipici infralitorali poco profondi delle Sabbie Fini ben calibrate che passano lateralmente a Sabbie Argillose in ambiente calmo. Lo spessore dell’unità varia da pochi metri lungo i corsi d’acqua minori fino ad un massimo di circa 15 metri in corrispondenza della piana costiera.

Relativamente all’età, le datazioni ottenute con il metodo del radiocarbonio indicano che l’unità è riferibile alla fase di alluvionamento dovuta alla risalita marina postwürmiana, e quindi all’Olocene.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”





Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

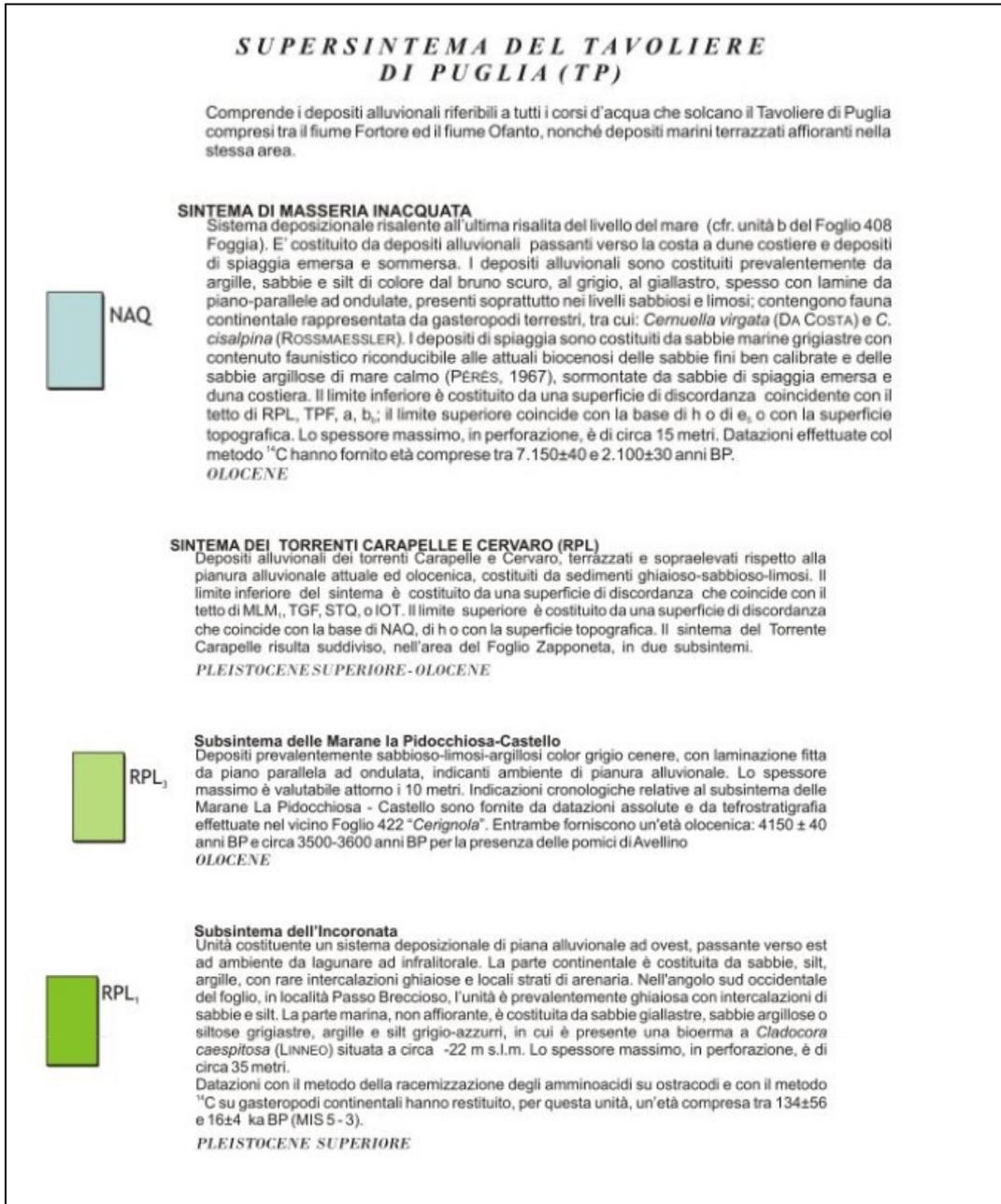


Fig. 4: Carta Geologica dell'area d'intervento – Scala 1:50.000

In Fig. 5 sono riportati i rapporti stratigrafici tra le diverse formazioni così come affiorano anche nell'area d'intervento



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

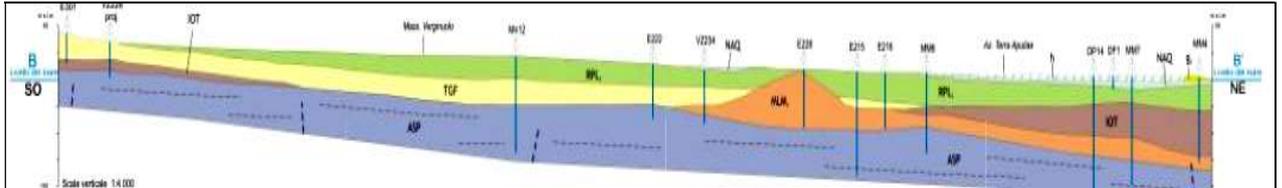


Fig. 5: *Sezioni Geologiche con rapporti stratigrafici*

Dal punto di vista tettonico nell’area si rilevano una serie di faglie dirette incerte che risultano sepolte sotto la coltre alluvionale.

La consultazione di ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci, redatto dall’ISPRA - Dipartimento per il Servizio Geologico d’Italia evidenzia come l’area di intervento non sia interessata direttamente da fratture ma risenta degli effetti di una faglia primaria, indicata con Fault Code 44100 – Nome: Faglia Foggia – Cerignola (Nord) (Fig. 6) che scorre poco più ad ovest dell’area d’intervento ed è responsabile della sismicità di Foggia



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”



*Fig. 6: Faglia ricadenti nei pressi dell'area d'intervento
(Tratta da: <http://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>)*

 *Area d'intervento*



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

4.2 – Geomorfologia

L’area in esame ricade nel Tavoliere meridionale o basso Tavoliere (Fig. 7)

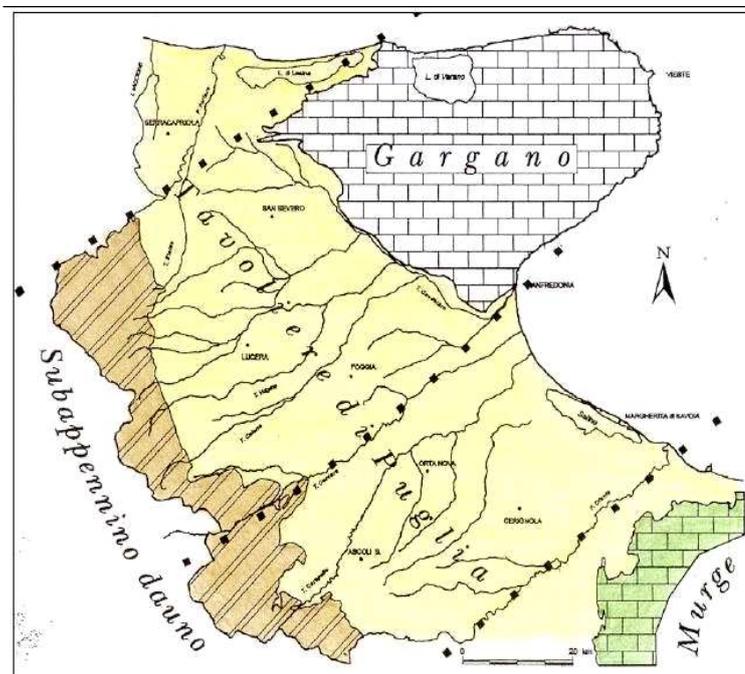


Fig. 7: Geografia del Tavoliere di Puglia (Pennetta L. - 2018)

L’assetto altimetrico del Tavoliere meridionale è connotato da un lento, graduale e progressivo digradare delle quote topografiche da ovest verso est. Infatti, le quote altimetriche passano dai valori massimi di circa 300 metri s.l.m. delle zone dell’entroterra poste ai confini con il Sub-appennino Dauno ai valori minimi prossimi al l.m. delle zone che si raccordano con la piana costiera antistante il Golfo di Manfredonia.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Sui fianchi delle zone dell’entroterra, altimetricamente più elevate, si riconoscono dei ripiani corrispondenti a terrazzi marini che digradanti verso l’Adriatico.

In particolare, procedendo dall’entroterra in direzione del mare, si possono osservare una serie di otto ripiani disposti ad altezze variabili fra le quote 350 e 5 metri s.l.m; ogni ripiano è bordato da una scarpata che corrisponde ad un’antica linea di costa (Fig. 8).

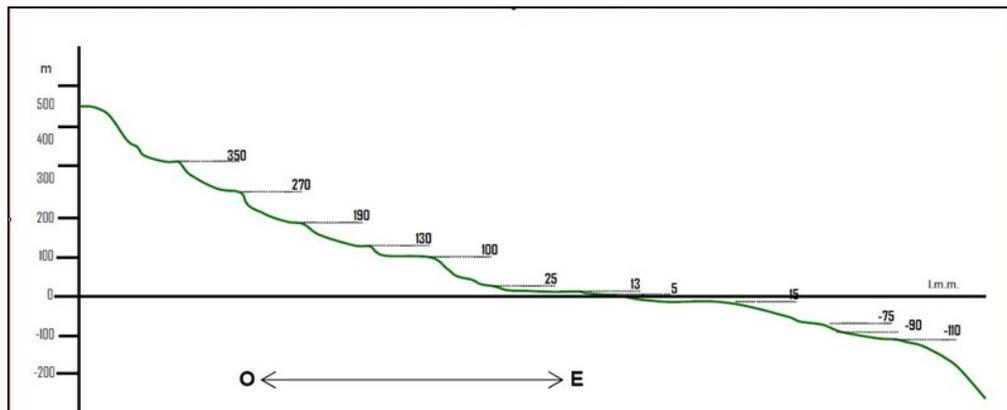


Fig. 8: Sequenza di terrazzi marini individuati tra la catena appenninica e la piattaforma continentale sommersa (da Pennetta L., 2018).

Dal punto di vista morfologico la zona interessata dal presente studio si presenta costituita da ampie spianate che immergono verso Est con deboli pendenze, delimitate a N-E dal Promontorio del Gargano, a N-O dai monti della Daunia e a S-E dal Promontorio della Murgia.

I tipi litologici affioranti nella zona di intervento sono rappresentati prevalentemente da terreni di piana alluvionale del pleistocene



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

che conferiscono all’area un andamento piano altimetrico sub pianeggiante, con pendenze che presentano valori attorno al 10% (Fig. 9).

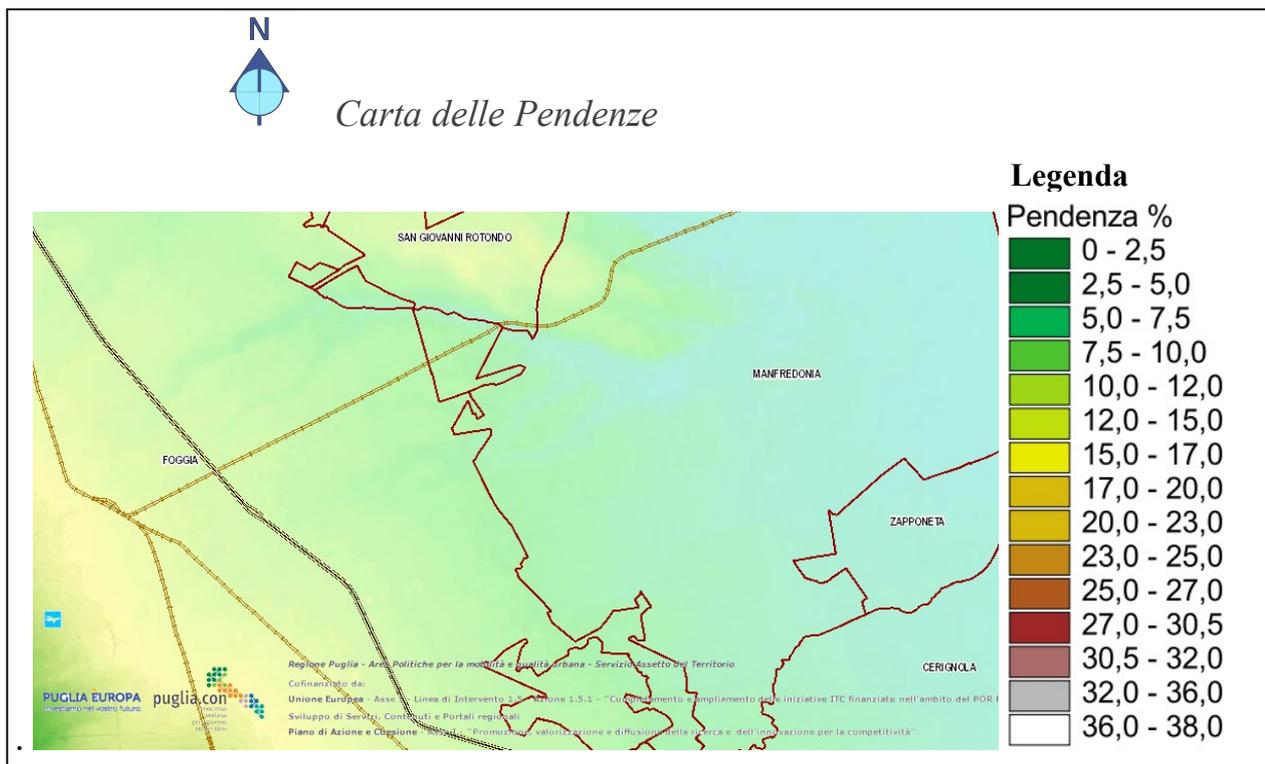


Fig. 9: Carta delle Pendenze

Allo stato attuale nell’area d’intervento non si evidenziano significativi segni di erosione, fenomeni gravitativi o fenomeni superficiali di dissesto in atto, presentandosi globalmente stabile. Tale status è confermato dalla consultazione della Carta Idrogeomorfologica dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale dalla quale si rileva come l’area non risulti classificata a pericolosità geomorfologica, come riportato in Fig. 10



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”



Fig. 10: Cartografia PAI con indicazione della pericolosità geomorfologica dell’area d’intervento (Scala 1:10.000)

Preme in proposito evidenziare che, in relazione alle opere previste ed in virtù delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geomorfologiche descritte, oltre che delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni interessati dalle opere così come desumibili da dati di letteratura, è possibile sin d’ora escludere ragionevolmente eventuali interferenze negative delle opere con il quadro geostrutturale locale.

Va in tal senso rilevato che dalla consultazione della banca dati I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) non risulta censito per le aree in esame alcun dissesto né in atto né storico (Fig. 11).



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

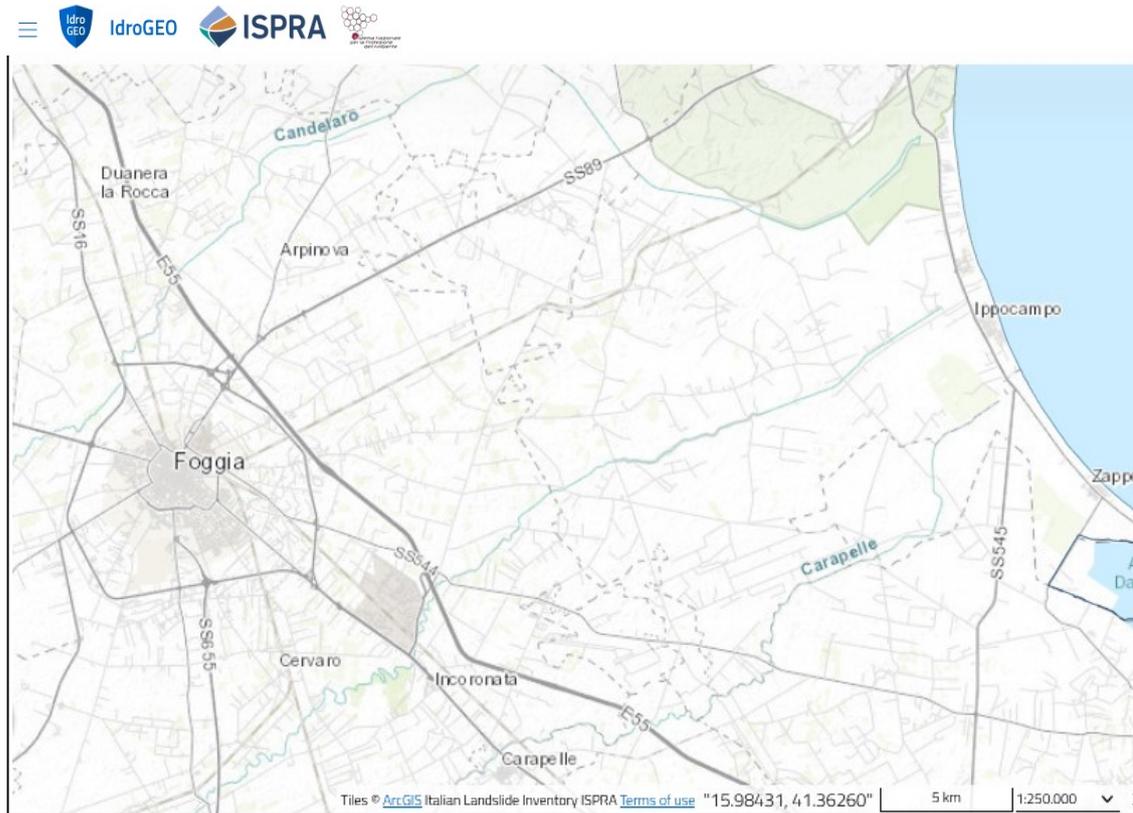


Fig. 11: Cartografia dell’Inventario dei Fenomeni Franosi – IFFI – Scala 1:250.000

Pertanto, sulla base delle informazioni e dei dati sinora desunti dall’analisi delle condizioni geomorfologiche, geologiche, e geostratigrafiche dei luoghi è possibile affermare che le aree risultano :

- geomorfologicamente stabili;
- non interessate da fenomeni erosivi, da frane o da instabilità del suolo o del sottosuolo;
- caratterizzate dalla presenza di substrati costituiti da litotipi dotati di sufficienti caratteristiche di resistenza geomeccanica.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

5. AMBIENTE IDRICO: ACQUE SUPERFICIALI

E ACQUE SOTTERRANEE

5.1 Acque superficiali

Un'altra caratteristica saliente del Tavoliere meridionale è data dal reticolo idrografico, localmente costituito da corsi d'acqua che scorrono secondo una direzione ortogonale alla linea di costa. Si tratta di una rete idrografica ben definita, costituita da corsi d'acqua che manifestano un regime prevalentemente torrentizio, eccezion fatta per il Fiume Ofanto, che è a regime perenne.

Detti corsi d'acqua incidono i depositi quaternari creando un reticolo a tratti anche fitto e gerarchizzato che recapita le acque integralmente verso il Golfo di Manfredonia (Fig. 12).

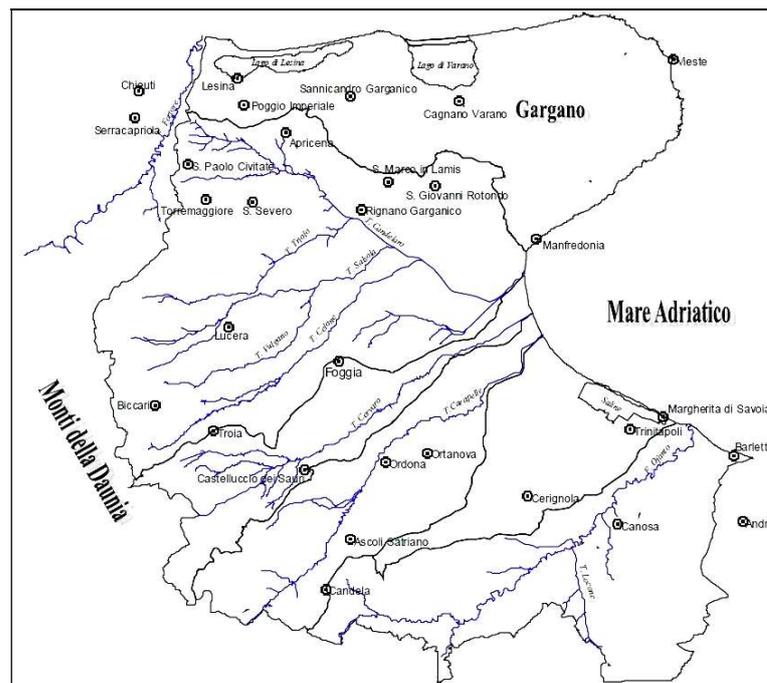


Fig. 12: Reticolo Idrografico del Tavoliere di Puglia



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Dal punto di vista idrografico l’area è compresa nel bacino del Canale Peluso che scorre a sud-sud-est rispetto all’area di impianto. Il canale più prossimo all’area di studio è, invece, il canale Carapelluzzo, affluente in sinistra idraulica del Canale Peluso.

Il corso d’acqua principale che interessa l’intera area, invece, è rappresentato dal Torrente Carapelle, che nasce in Irpinia alle falde del Monte La Forma con il nome di torrente Calaggio, scorre per circa 98 km nel tavoliere delle Puglie prima di sfociare nel golfo di Manfredonia in località Torre Rivoli, presso Zapponeta. Il torrente presenta una lunghezza di circa 98 Km, con Bacino Idrografico di 950 Km² e portata media pari a circa 2,10 m³/s

Il canale Carapelluzzo e il canale Peluso sono caratterizzati da un regime idrologico di tipo torrentizio appenninico con portate medie mensili minime nel mese di agosto e portate medie mensili massime nei mesi di gennaio e febbraio. L’andamento dei deflussi dei corsi d’acqua rispecchiano sostanzialmente quello degli afflussi meteorici data la mancanza di significativi apporti sorgentizi.

Per il Carapelle il regime spiccatamente torrentizio del Canale determina rischi di inondazione per ampie superfici morfologicamente più depresse e situate nelle adiacenze degli assi di drenaggio principali e secondari.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Tali circostanza è evidenziata proprio dal vincolo di pericolosità idraulica attualmente gravante in corrispondenza delle aree di scorrimento dello stesso canale e dei suoi affluenti.

Infatti la consultazione della cartografia PAI evidenzia come anche l’area progettuale sia interessata dal vincolo idraulico (Fig. 13) con pericolosità che interessa i tre gradi (bassa, media ed alta)

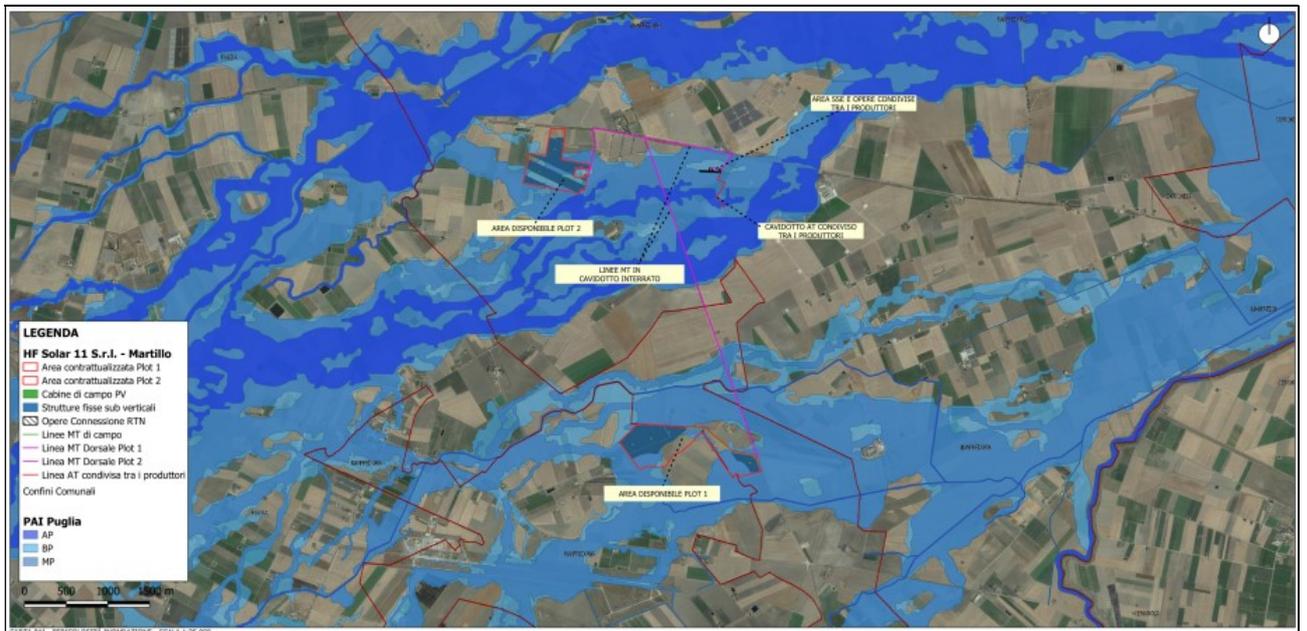


Fig. 13: Cartografia PAI con indicazione della pericolosità idraulica dell’area d’intervento (Scala 1:10.000)

A riguardo è stata eseguita idonea relazione idraulica, a firma di altro progettista, che evidenzia la compatibilità dell’intervento con il vincolo gravante sull’area.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo"

5.2 – Idrogeologia e Acquiferi

Le condizioni di assetto stratigrafico e strutturale del Tavoliere determinano l'esistenza di una circolazione idrica sotterranea che si esplica su più livelli, all'interno di almeno tre unità acquifere principali situate a differenti profondità.

La successione, dall'alto verso il basso, corrisponde alla seguente:

1) acquifero poroso superficiale: che si rinviene nelle lenti sabbioso-ghiaiose dei depositi marini e alluvionali terrazzati di età Pleistocene sup. - Olocene. La superficie di fondo della falda è costituita dal tetto delle argille grigio-azzurre della sottostante unità. L'acquifero, di limitato spessore e produttività, è captato attraverso pozzi poco profondi, con portate modeste. La superficie piezometrica tende a digradare verso la costa con gradienti modesti. La maggiore resa dei pozzi e quindi le maggiori portate specifiche ($1 \div 3$ l/sm) oltre che dalle condizioni di alimentazione, è strettamente dipendente dallo spessore e dalle caratteristiche granulometriche degli strati acquiferi nonché dalla configurazione della superficie di fondo della falda, realizzandosi delle locali depressioni del substrato argilloso;

2) acquifero poroso profondo: di un certo rilievo dal punto di vista stratigrafico, è la presenza, all'interno della unità delle Argille subappennine, di livelli costituiti da sabbie fini, dello spessore anche di pochi metri e molto estesi arealmente, situati a profondità in genere comprese tra 150 e 500 m dal p.c.. Tali lenti sabbiose possono ospitare



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

falde idriche, da pochi anni oggetto di sfruttamento, anche se le caratteristiche di rinnovabilità di esse non sono note e la qualità delle acque rinvenute non è sempre adatta agli usi richiesti;

3) acquifero fessurato-carsico profondo: è situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pleiocenico del Tavoliere, collegato lateralmente verso est alla vasta falda idrica del Gargano.

Acquifero poroso superficiale

I depositi di copertura del Tavoliere ospitano una estesa falda idrica, generalmente frazionata su più livelli. Le stratigrafie dei pozzi per acqua esistenti in zona evidenziano l'esistenza di una successione di terreni ghiaioso – sabbiosi, permeabili con ruolo di acquiferi, interstratificati con livelli limoso-argillosi, a minore permeabilità, con ruolo di acquitardi (strati semipermeabili) o acquicludi (strati impermeabili). L'acquifero ha una potenza variabile da poche decine di metri, lungo il settore occidentale del Tavoliere; ad oltre 100 m, nel settore centrale e orientale, ed è delimitato inferiormente da un substrato impermeabile, rappresentato dalle argille grigio-azzurre (Argille subappennine). Procedendo dall'entroterra verso la costa, la quota del tetto del substrato impermeabile decresce gradualmente; nelle immediate vicinanze della linea di costa scende al di sotto del livello del mare.

L'acqua può rinvenirsi in condizioni di falda libera, nei livelli idrici più superficiali, e solitamente in pressione, con locale carattere di artesianità, in quelli più profondi.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

I diversi livelli idrici sono comunque idraulicamente interconnessi e, in condizioni di flusso indisturbato, le quote piezometriche risultano coincidenti sia nei pozzi poco profondi, a scavo, che intercettano i soli livelli idrici superficiali, che nei pozzi perforati, profondi diverse decine di metri, attestati nei livelli acquiferi sottostanti.

Le diverse falde possono essere dunque ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea perché il particolare tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti determina l'esistenza di soluzioni di continuità tra i depositi permeabili e i depositi relativamente meno permeabili. A ciò bisogna aggiungere gli scambi di acqua in senso verticale dovuti al fenomeno di drenanza, attraverso strati semipermeabili (acquitardi). A tale sistema acquifero, nel suo complesso, si dà il nome di “falda superficiale del Tavoliere”. Trattandosi di un acquifero costituito da una successione di terreni di diversa granulometria e spessore, la trasmissività idraulica varia da zona a zona; la situazione più favorevole, per permeabilità e/o spessore dei terreni acquiferi, si riscontra in corrispondenza dell'area intorno a Foggia.

Le acque sotterranee defluiscono dalle aree più interne, in corrispondenza delle quali possiedono carichi idraulici di circa 200 m, verso il mare, con una cadente piezometrica mediamente pari a 0.6% e che a luoghi raggiunge valori massimi di 1.5%.

L'andamento delle isopieze, ricostruite sulla base di recenti studi, mostra una generale corrispondenza con la topografia: le quote piezometriche, infatti, tendono a diminuire procedendo da SO verso NE



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

consentendo di definire una direttrice di deflusso preferenziale in tal senso (MAGGIORE et al., 2005 b) come evidenziato in Fig. 14.

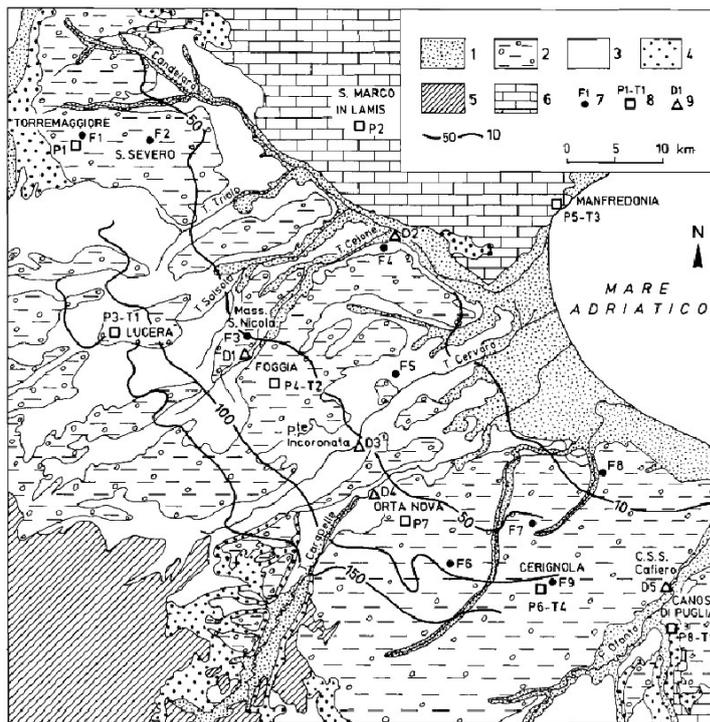


Fig. 14 – Carta geologica schematica del Tavoliere con indicazione delle piezometriche

La falda è alimentata dalle precipitazioni che ricadono in tutta l’area del Tavoliere. Trattandosi di un’area costituita in affioramento da litotipi per lo più permeabili, l’infiltrazione delle acque meteoriche è diffusa su tutto il territorio, ma le caratteristiche climatiche dell’area determinano rilevanti perdite per evapotraspirazione. L’aliquota che si infila non è quindi molto elevata (De Girolamo et al., 2002; Maggiore e Pagliarulo, 2003b). Non trascurabile comunque è l’alimentazione della falda da parte dei corsi d’acqua che attraversano la piana.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo"

Dal punto di vista composizionale, le acque della falda superficiale ricadono principalmente nel campo delle acque bicarbonato-alcaline terrose, in corrispondenza delle aree più interne e delle acque clorurato-alcaline, nelle zone non distanti dalla costa, dove si risente l'influenza dell'ingressione marina.

Acquifero poroso profondo

Questo acquifero, che si rinviene al di sotto della falda superficiale (acquifero poroso profondo), è costituita dagli interstrati di sabbie limose, e subordinatamente di ghiaie, presenti nella successione argillosa plio-pleistocenica sulla quale poggiano i depositi di copertura. I livelli acquiferi che essa ospita, localizzati a profondità variabili tra i 150 e i 500 m sotto il l.m., sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare il cui spessore non supera le poche decine di metri. Nelle lenti più profonde, si rinvengono acque connate, associate a idrocarburi, che si caratterizzano per i valori piuttosto elevati della temperatura, legati alla profondità di rinvenimento, e per la ricorrente presenza di H₂S (MAGGIORE et al., 1996). La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità. La produttività dei livelli idrici, pur essendo variabile da luogo a luogo, risulta sempre molto bassa e, generalmente, tende a diminuire rapidamente, essendo il tasso di rinnovamento di questi livelli acquiferi praticamente nullo (COTECCHIA et al., 1995). Pur con una notevole variabilità composizionale, le acque circolanti in questo acquifero si caratterizza-



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

no per i bassi valori di salinità e durezza e per la prevalenza dello ione sodio con elevati rapporti Na/Cl e Na/Ca. Nel complesso possono definirsi come acque bicarbonato-sodiche (MAGGIORE et al., 1996).

Le quote piezometriche rilevate variano, procedendo da SSO verso NNE, da valori anche superiori ai 200 m s.l.m. sino a valori dell'ordine di una decina di metri.

Acquifero fessurato – carsico profondo

L'unità acquifera più profonda (acquifero fessurato-carsico) è situata in corrispondenza del substrato calcareo-dolomitico della Piattaforma Apula, di età mesozoica, costituito in sostanza dalle stesse rocce che affiorano sulle Murge e sul Gargano (MAGGIORE & PAGLIARULO, 2003). Procedendo da NE verso SO, il substrato, dislocato e ribassato a gradinata da sistemi di faglie dirette, soggiace alla successione argillosa plio-pleistocenica raggiungendo, in corrispondenza dell'abitato di Foggia, la profondità di quasi 600 m.

Le masse carbonatiche, permeabili per fratturazione e carsismo, ospitano estese falde idriche alimentate da quelle contenute nelle porzioni più superficiali e in quelle affioranti con le quali, per quanto riguarda la circolazione di fondo, possono ritenersi in connessione idraulica (COTECCHIA & MAGRI, 1966; MAGGIORE & PAGLIARULO, 2004). L'interesse, nell'area in esame, per questo acquifero, data la profondità di rinvenimento, è praticamente nullo. Infatti, il contenuto salino delle acque aumenta notevolmente con la profon-



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

dità del substrato, passando da valori tipici di acque di origine meteorica a valori caratteristici di acque connate (MAGGIORE et al., 1996; MAGGIORE et al, 2005 a). Dal punto di vista compositivo, le acque di questo acquifero ricadono nel campo delle acque clorurato-solfato alcaline (MAGGIORE et al., 1996).



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

5.3 – Falde Idriche

Dalla consultazione dei dati di alcuni pozzi presenti in zona (Fig. 15a e 15b) e censiti nell’archivio nazionale delle indagini del sottosuolo ex Lege 464/1984, si sono desunte informazioni sia sulla stratigrafia locale che sulla posizione della falda idrica superficiale: dai dati di seguito riportati si evince come l’acquifero superficiale sia “dislocato” su vari livelli, a luoghi interconnessi tra loro. Il livello statico è mediamente attestato a circa 25÷30m dal p.c. Sono anche possibili piccoli rinvenimenti idrici a quote molto più superficiali (4÷5m dal p.c.).

Lo spessore della falda superficiale, quindi, può variare da 2 a 50 metri in funzione delle caratteristiche geometriche del materasso acquifero. Anche la produttività della stessa è molto variabile arealmente in funzione delle caratteristiche di permeabilità degli orizzonti acquiferi.

Nel suo complesso, essa, risulta soggetta a forti escursioni stagionali del livello piezometrico, essenzialmente correlate alla distribuzione temporale dei periodi piovosi. Inoltre, per effetto di tali escursioni, nonché per le variazioni areali della morfologia del substrato impermeabile e per i complessi rapporti di interazione con i corsi d’acqua superficiali, anche l’andamento generale della superficie piezometrica della falda e le direzioni di deflusso della stessa risultano estremamente variabili sia temporalmente che spazialmente.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

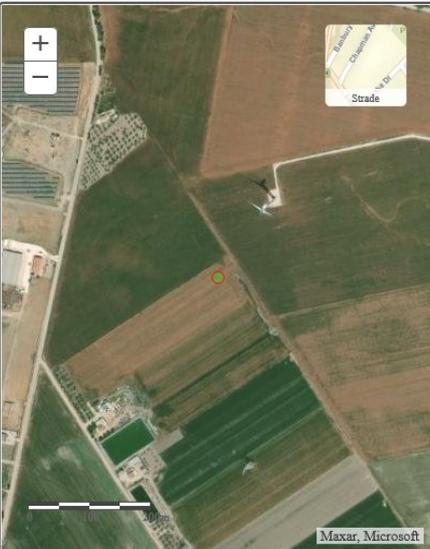
 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale			
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)					
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
<p> Codice: 202195 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGIA Comune: FOGGIA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 48,00 Quota pc slm (m): 42,00 Anno realizzazione: 1991 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 7,000 Portata esercizio (l/s): 5,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 15,744200 Latitudine WGS84 (dd): 41,448731 Longitudine WGS84 (dms): 15° 44' 39.12" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 26' 55.43" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia </p>					
DIAMETRI PERFORAZIONE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	48,00	48,00	500	
FALDE ACQUIFERE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
1	28,00	42,00	14,00		
POSIZIONE FILTRI					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	30,00	48,00	18,00	300	
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
apr/1991	28,00	45,00	17,00	7,000	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	3,00	3,00		TERRENO VEGETALE
2	3,00	10,00	7,00		TERRA ROSSA
3	10,00	20,00	10,00		TERRA ROSSA
4	20,00	30,00	10,00		ARGILLA GIALLA
5	30,00	40,00	10,00		BRECCIA ASCIUTTA
6	40,00	48,00	8,00		SUD ARENARIA

Fig. 15a – scheda della stratigrafia di un pozzo presente nei pressi dell'area di studio



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale			
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)					
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
<p> Codice: 203367 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGIA Comune: MANFREDONIA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 50,00 Quota pc slm (m): 35,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 1,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 15,752261 Latitudine WGS84 (dd): 41,410950 Longitudine WGS84 (dms): 15° 45' 08.14" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 24' 39.42" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia </p>					
DIAMETRI PERFORAZIONE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	50,00	50,00	500	
FALDE ACQUIFERE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
1	25,00	28,00	3,00		
POSIZIONE FILTRI					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	26,00	50,00	24,00	300	
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
dic/1995	28,00	32,07	4,07	1,750	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00	OLOCENE	TERRENO VEGETALE E DINAT. LIMOSA
2	2,00	4,00	2,00	OLOCENE	SABBIE FINI E LIMI DI COLORE GIALLASTRO INCROSTATI
3	4,00	18,00	14,00	PLEISTOCENE	ALTERNANZA DI SOTTILI LIVELLI SABBIOSI, GHIAIOSI E LIMOSI DI COLORE GIALLASTRO
4	18,00	24,00	6,00	PLEISTOCENE	LIMI E ARGILLE GIALLASTRE
5	24,00	28,00	4,00	PLEISTOCENE	GHIAIA CON SABBIA GIALLASTRA
6	28,00	50,00	22,00	PLIOCENE - CALABRIANO	ARGILLE E LIMI DI COLORE GRIGIO

Fig. 15b – scheda della stratigrafia di un pozzo presente nei pressi dell'area di studio



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo"

6 SISMICITÀ

6.1: 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 e sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuove opere, 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 (Fig. 16).



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

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

Fig. 16 – Zone a pericolosità sismica

In sintesi 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 (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Fig. 17)

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

Fig. 17 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località "Pezzagrande" e nel Comune di Manfredonia in Località "Macchiarotonda" e "Vacchereccia di Greco", e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

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 quale si rileva che i Comuni di Manfredonia e Foggia rientrano in zona 2 come da tabella che segue:

Codice ISTAT 2001	Classificazione 2003	PGA (g)	I
071024 Foggia 071029 Manfredonia	Zona 2	0.25 g	8,7 MCS

Dove:

- *PGA (g)=accelerazione orizzontale di picco del terreno (estimatore dello scuotimento alle alte frequenze), valore atteso con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 457 anni).*
- *I=intensità macrosismica (MCS) valore di intensità MCS atteso con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).*
- *g=981 cm/sec² (accelerazione di gravità).*

La caratterizzazione sismica delle aree è la seguente:

Dati Generali

Località

Indirizzo: Foggia

Lat. Long. 41.902783 12.496365

Dati opera

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe II

V. Nominale: 50 V. Rif.: 50

Parametri sismici su sito di riferimento

SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec.]	Categoria sottosuolo
SLO	30.00	0.422	2.527	0.257	C
SLD	50.00	0.539	2.504	0.270	T1
SLV	475.00	1.177	2.620	0.297	
SLC	975.00	1.471	2.615	0.307	

Coefficientsi sismici orizzontali e verticali

Opera: Muri di sostegno (NTC 2018)

SL	amax [m/s ²]	Beta	khk [-]	kvk [-]	Khi [-]
SLO	0.633	1.0	0.0646	0.0323	0.0
SLD	0.8085	0.47	0.0388	0.0194	0.0
SLV	1.7655	0.38	0.0684	0.0342	0.0
SLC	2.1545	1.0	0.2197	0.1099	0.0

Stato limite di riferimento: SLO



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Dati Generali							
Località			Dati opera				
Indirizzo Manfredonia - FG			Tipo opera 2 - Opere ordinarie				
Lat. Long. 41.630734 15.91651			Classe d'uso Classe II				
			V. Nominale 50 V. Rif. 50				
Parametri sismici su sito di riferimento							
SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec.]	Categoria sottosuolo C		
SLO	30.00	0.530	2.463	0.274	Categoria topografica T1		
SLD	50.00	0.696	2.493	0.288			
SLV	475.00	1.932	2.462	0.332			
SLC	975.00	2.560	2.437	0.341			
Coefficienti sismici orizzontali e verticali							
Opera	Muri di sostegno (NTC 2018)	SL	amax [m/s ²]	Beta	khk [-]	kvk [-]	Khi [-]
		SLO	0.795	1.0	0.0811	0.0405	0.0
		SLD	1.044	0.47	0.05	0.025	0.0
		SLV	2.7221	0.38	0.1055	0.0527	0.0
		SLC	3.3748	1.0	0.3442	0.1721	0.0
Stato limite di riferimento				SLO			

Per quanto riguarda l'aspetto sismo-tettonico, anche se l'area non è direttamente interessata da lineamenti strutturali visibili sulla superficie del suolo, ha subito influenze distruttive durante gli eventi sismici passati, i cui epicentri si sono localizzati in aree limitrofe. Essa infatti risente della vicinanza delle strutture sismo-genetiche dell'Appennino Dauno, i cui effetti hanno avuto ripercussioni sulla stabilità del territorio sin da tempi storici.

Oltre al terremoto dell'Irpinia (1980) l'ultimo evento significativo, in ordine temporale, è stato il terremoto con epicentro in Molise del 31/10/2002. La magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 5.4 della scala Richter, un valore che comporta effetti fino al grado VIII della scala Mercalli.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Gli eventi sismici più forti, verificatisi in epoca storica nelle vicinanze dell’area in studio sono (Fig. 18a, 18b, 18c):

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7-8	1627	07	30	10	50		Capitanata	64	10	6.66
7-8	1646	05	31				Gargano	35	10	6.72
6	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
9	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
F	1731	05	10	05	20		Costa pugliese centrale	3	5-6	4.40
6-7	1731	10	17	11			Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86
6-7	1739	02	12	21	30		Tavoliere delle Puglie	5	5-6	4.40
6	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
4-5	1821	11	22	01	15		Costa molisana	9	7-8	5.59
6-7	1841	02	21				Gargano	13	6-7	5.17
F	1846	08	08				Potentino	13	6-7	5.18
6	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
F	1851	08	14	14	40		Vulture	10	7-8	5.48
4-5	1852	12	09	21	15		Gargano	12	5	4.31
3	1853	04	09	12	45		Irpinia	47	8	5.60
6	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
3	1858	05	24	09	20		Tavoliere delle Puglie	13	4-5	4.35
F	1864	04	05	19	30		Gargano	3	4	3.70
2	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
7	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
NF	1882	06	06	05	40		Isernino	50	7	5.20
NF	1887	12	03	03	45		Calabria settentrionale	142	8	5.55



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

5	🔗	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
2	🔗	1892 06 06	Isole Tremiti	68	6	4.88
F	🔗	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
2	🔗	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
NF	🔗	1894 03 25	Gargano	27	6-7	4.90
4	🔗	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	103	6	5.11
F	🔗	1897 05 28 22 40 0	Ionio	132	6	5.46
5	🔗	1900 12 23 22 30	Gargano	20	5	4.37
2-3	🔗	1904 04 08 08 22	Gargano	27	6	4.75
5	🔗	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3	🔗	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
3-4	🔗	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
3-4	🔗	1908 09 16 20 15	Gargano	14	3-4	3.72
5-6	🔗	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
5	🔗	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
4	🔗	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
4-5	🔗	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
F	🔗	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
5-6	🔗	1919 10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5.03
NF	🔗	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
3	🔗	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4.73
3	🔗	1925 07 28 03 33	Tavoliere delle Puglie	6	5	4.20
4	🔗	1925 08 25 05 10	Gargano	14	5	4.92
6	🔗	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3	🔗	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	🔗	1931 05 10 10 48 5	Irpinia	43	5-6	4.64
4	🔗	1931 12 03 09 32	Tavoliere delle Puglie	12	6	4.59
4	🔗	1932 03 30 09 56 2	Bassa Murgia	28	5	4.54
3	🔗	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4.96
3	🔗	1933 09 26 03 33 2	Maiella	325	9	5.90
3	🔗	1937 12 15 21 25	Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4.58
7	🔗	1948 08 18 21 12 2	Gargano	58	7-8	5.55
NF	🔗	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	95	8	5.42
5	🔗	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
5	🔗	1956 09 22 03 19 3	Gargano	57	6	4.64
5	🔗	1962 01 19 05 01 2	Gargano	31	5	4.42
5	🔗	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
5	🔗	1967 06 17 15 42 5	Gargano	16	5	4.46
6	🔗	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
5-6	🔗	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81



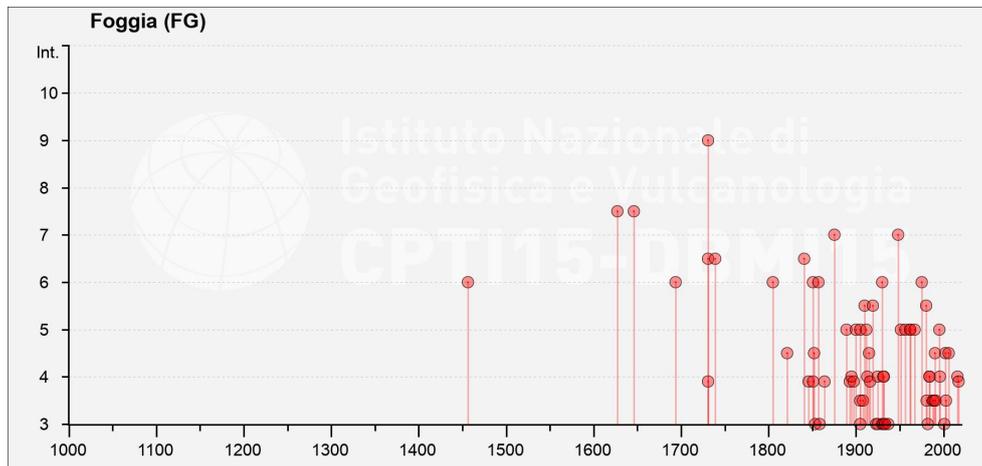
Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

3-4	☞	1981 11 29 05 06 4	Potentino	14	5	4.51
3	☞	1982 03 21 09 44 0	Golfo di Policastro	125	7-8	5.23
NF	☞	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4	☞	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
4	☞	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
3-4	☞	1988 04 26 00 53 4	Adriatico centrale	78		5.36
3-4	☞	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4.34
2-3	☞	1990 02 01 06 24 1	Isole Tremiti	27		4.43
NF	☞	1990 02 18 20 10 4	Adriatico centrale	46		4.24
4-5	☞	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
3-4	☞	1991 05 26 12 25 5	Potentino	597	7	5.08
2	☞	1992 11 05 13 34 2	Gargano	32	5	4.34
5	☞	1995 09 30 10 14 3	Gargano	145	6	5.15
4	☞	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.90
3	☞	2001 07 02 10 04 4	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
4-5	☞	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7	5.72
NF	☞	2003 06 01 15 45 1	Molise	501	5	4.44
3-4	☞	2003 12 30 05 31 3	Molise	326	4-5	4.53
4-5	☞	2006 05 29 02 20 0	Gargano	384		4.64
NF	☞	2006 10 04 17 34 2	Adriatico centrale	98	4-5	4.30
NF	☞	2006 12 10 11 03 4	Adriatico centrale	54		4.48
4	☞	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61
F	☞	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280		5.70

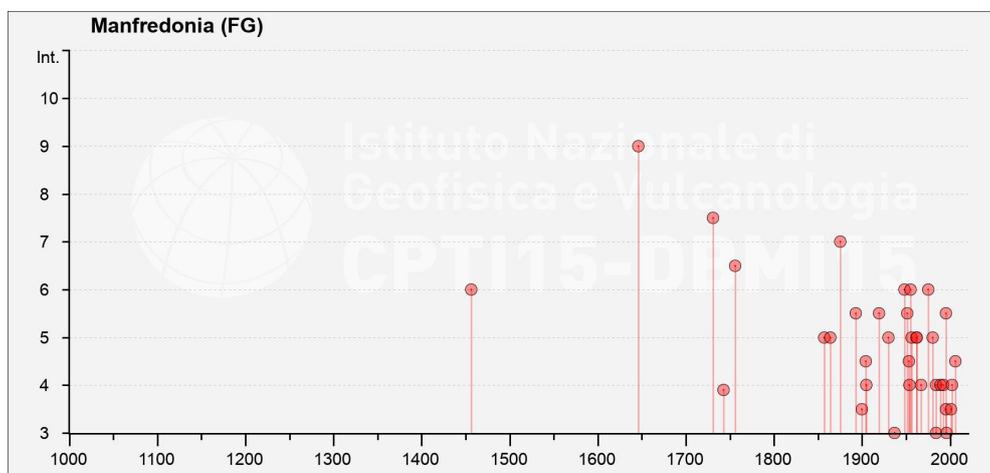
*Fig. 18a – Elenco dei terremoti registrati nella Città di Foggia e Manfredonia
(Tratta da: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)*



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”



*Fig. 18b – Elenco dei terremoti registrati nella Città di Foggia
(Tratta da: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)*



*Fig. 18c – Elenco dei terremoti registrati nella Città di Manfredonia
(Tratta da: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)*

Ad ogni modo, i territori dei Comuni di Foggia e Manfredonia, secondo la classificazione sismica (O.P.C.M. 20.03.2003 e succ. mod. ed integr.) ricadono in Zona 2.

Circa la categoria di suolo l'indagine geosismica effettuata ha consentito di ricavare i valori di VS_{30} sperimentali che ci permettono di



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

attribuire i suoli indagati alla **categoria C** ($360 \text{ m/s} < V_{S30} < 800 \text{ m/s}$), ai sensi delle NTC 2018 rispetto alle quali devono essere confrontate le azioni sismiche di progetto e gli spettri di risposta rappresentativi della componente delle azioni sismiche.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

7- INDAGINI ESEGUITE

Ai fini della definizione di un quadro geologico preliminare, sono stati eseguiti, secondo l’ubicazione di Fig. 19

- n. 2 profili sismici con la tecnica passiva MASW (metodo Re.Mi.);
- n. 2 profili sismici a rifrazione in onde P.



Fig. 19: Ubicazione Stendimenti Sismici



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Le prospezioni sismiche hanno visto la realizzazione di un profilo sismico a rifrazione, avente uno sviluppo di 48 ml ognuno, e nella realizzazione di profili sismici di tipo MASW per la determinazione delle V_{s30} .

Per tale scopo è stato utilizzata la strumentazione avente le caratteristiche tecniche descritte nell’Allegato 1.

Il metodo della sismica a rifrazione mediante profili a scoppi coniugati ed intermedi (e cioè con energizzazioni del terreno esterne (in andata e ritorno) ed interne relativamente alla lunghezza del profilo stesso) e l’utilizzo di software dedicato per l’interpretazione dei dati ottenuti, ha permesso di determinare la geometria degli orizzonti (sismostrati) a differente comportamento elasto-meccanico.

Il metodo consiste nella propagazione d’onde sismiche (onde rifratte prodotte artificialmente) nel sottosuolo da indagare. La velocità di propagazione delle onde così prodotte dipende dalle caratteristiche di densità dei terreni attraversati e sono rilevate per mezzo di geofoni, posti ad intervalli regolari lungo lo stendimento.

L’individuazione (mediante sismogrammi) degli arrivi delle onde rifratte, ai vari geofoni disposti a distanze uguali, e la determinazione dei tempi d’arrivo (ritardi), ha consentito di ricavare la potenza dei vari strati attraversati e la definizione della stratigrafia e delle sezioni del sottosuolo.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

Inoltre con il metodo MASW è stata parametrizzata la velocità delle onde Vs in profondità ricavando un “modello di velocità del sottosuolo” correlabile con i diversi litotipi presenti in profondità.

I risultati delle indagini sismiche sono riportati nella relazione sismica in appendice.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

8 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Considerate le risultanze delle indagini e le finalità del presente studio geologico, teso a valutare le problematiche e le implicazioni geologiche connesse con le previsioni realizzative del progetto, è possibile affermare la piena compatibilità dell’opera con il quadro geomorfologico e geologico locale.

In particolare, alla luce di quanto illustrato nei capitoli precedenti a cui si rimanda per ogni utile approfondimento, è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive:

✚ In relazione agli aspetti geomorfologici e a possibili dissesti superficiali e profondi, la conformazione della zona non fa emergere situazioni che possano modificare l’attuale stato di equilibrio dei luoghi ed è possibile affermare che l’area si presenta globalmente stabile;

✚ In termini idraulici l’area d’intervento risente dei vincoli PAI poiché è interessata dai 3 gradi di pericolosità idraulica (Bassa, Media ed Alta). A tal riguardo è stata eseguita apposita relazione idraulica, agli atti del progetto, che contestualizza l’intervento e la sua compatibilità in riferimento al suddetto vincolo;

✚ Dal punto di vista idrogeologico non sussistono fenomeni e processi morfoevolutivi di tipo erosivo in atto né potenziali.



Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

✚ Il terreno è costituito da litologie dotate di discrete caratteristiche tecniche. Sarà comunque cura del tecnico progettista valutare le più opportune scelte tecniche ed il dimensionamento delle opere di fondazione in virtù delle verifiche tecniche e dei carichi dinamici e statici trasmessi al terreno;

✚ Ai fini sismici si tenga conto, nei calcoli di verifica, che il suolo è classificabile come terreno di “Categoria C”, con una pendenza topografica media inferiore ai 15°, pertanto riferibile ad una categoria di tipo T1.

Tanto in adempimento all’incarico conferitomi

Rodi Garganico Ottobre 2023

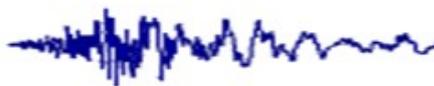




Progetto Impianto Agrivoltaico da realizzare nel Comune di Foggia in località “Pezzagrande” e nel Comune di Manfredonia in Località “Macchiarotonda” e “Vacchereccia di Greco”, e relative opere di connessione alla RTN – Denominato Martillo”

APPENDICE

REPORT SISMICO



Allegato 1 – Risultati Indagini Sismiche

L'indagine sismica eseguita è stata mirata alla definizione delle caratteristiche fisico-dinamiche dei terreni, alla ricostruzione stratigrafica del sito e alla classificazione del sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

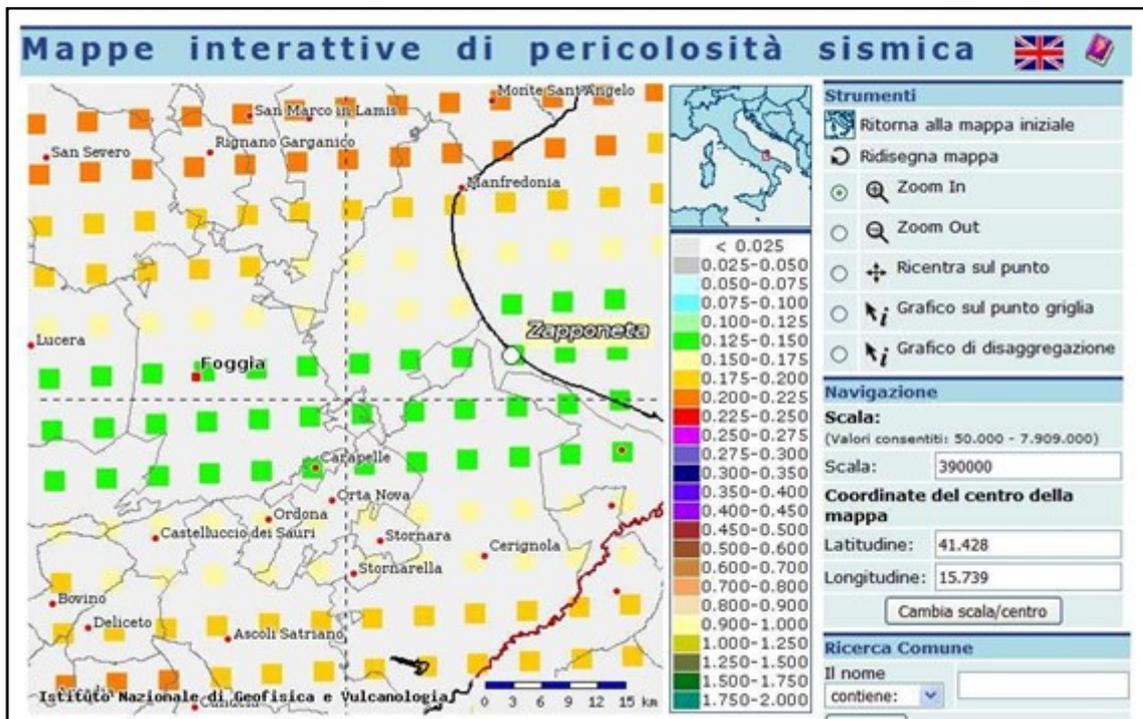
A tal fine sono state effettuate le seguenti indagini indirette, secondo l'ubicazione riportata nella Figura che segue:

- n. 2 profili sismici con la tecnica passiva MASW (metodo Re.Mi.);
- n. 2 profili sismici a rifrazione in onde P.



1 - AZIONE SISMICA

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e l'OPCM del 20 marzo 2003 n. 3274, superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3274)

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra **0.050-0.075 g**, come evidenziato nella figura a, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione con una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (riferita a suoli rigidi - categoria A).

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno $TR=975$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N=50$ anni e ad un coefficiente d'uso $CU=1.5$ (strutture importanti), parametri legati tra loro dalla seguente formula:

$$TR = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) \text{ dove } V_R = V_N \cdot C_U$$

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno		
P_{VR} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale, come accennato in precedenza, sono menzionati nelle “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 2018”, entrate ufficialmente in vigore in data 22/03/2018, per le quali è necessario, inoltre, caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno stimati in relazione ai differenti Stati Limite a cui un manufatto è potenzialmente sottoposto; tale stima è stata effettuata mediante l'applicazione della GEOSTRU al seguente link <http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>

Essa fornisce i parametri sismici (ag , F_0 e TC^*) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame.

Indirizzo Coordinate Isole

Indirizzo

Macchiarotonda

WGS84: Lat 41.452096 - Lng 15.745096

ED50: Lat 41.453071 - Lng 15.745942

Mappa Satellite

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblic...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.045	2.467	0.290
Danno (SLD)	50	0.056	2.538	0.325
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.134	2.594	0.430
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.170	2.612	0.442

Periodo di riferimento 50 per l'azione sismica:

Coefficienti sismici

Tipo Muri di sostegno NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,49	1,43
CC Coeff. funz categoria	1,58	1,52	1,39	1,37
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

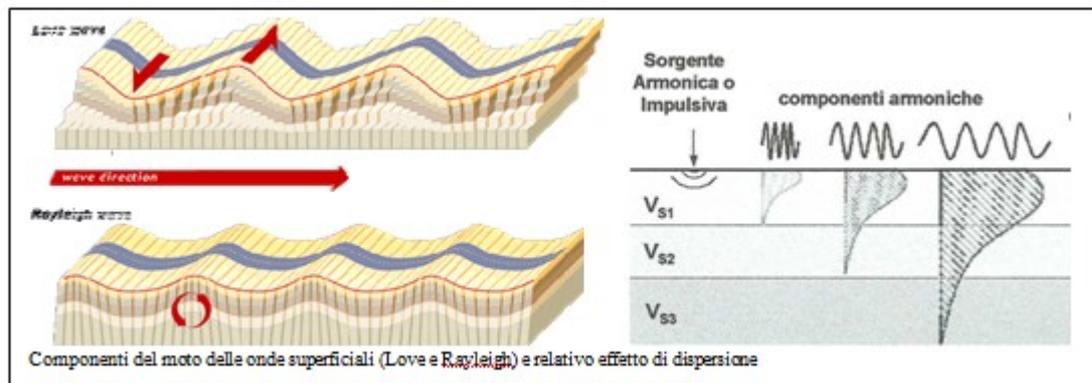
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.039	0.076	0.000
kv	--	0.020	0.038	--
Amax [m/s ²]	0.657	0.822	1.952	2.386
Beta	--	0.470	0.380	--

Ubicazione dell'area all'interno della maglia sismica di riferimento e relativi parametri sismici per la Categoria di sottosuolo C

2- INDAGINE M.A.S.W

Metodologia indagine

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (nel nostro caso geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.



La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

➤ Nel “metodo attivo” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

➤ Nel “metodo passivo” (Re.Mi.) lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali). E’ possibile utilizzare alcune varianti geometriche del metodo passivo (disposizione dei geofoni a cerchio, quadrato, triangolo e croce) per una valutazione più accurata del trend dispersivo delle onde superficiali (Park e Miller, 2006).

In questa indagine è stato utilizzato il “metodo passivo”, risultato il più idoneo nel contesto in esame. Le caratteristiche geometriche dei profili sono tabellate di seguito:

Denominazione	Sorgente	Lunghezza profili	Distanza intergeofonica
Profilo 1	rumore	48 m	2.0 m
Profilo 2	rumore	48 m	2.0 m

Attrezzature e tecniche operative

Per le misure eseguite sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni.
- 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz.
- SeisOpt ReMi v.2.0 della Optim LLC.

Sono state acquisite, per ogni profilo, sei registrazioni, sommate tra loro al fine di ottenere un buon rapporto segnale/rumore. Esse hanno le seguenti caratteristiche:

Metodo	Frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	Sorgente
Masw “passivo”	1.0 millisecondo	20 secondi	Rumore ambientale

I sismogrammi ottenuti sono stati elaborati con una trasformazione bidimensionale dal dominio tempo-distanza (t-x), al dominio velocità di fase- frequenza (p-f). E’ stato così possibile analizzare l’energia di propagazione del “rumore ambientale” lungo tutte le

direzioni della linea sismica e riconoscere le onde superficiali con carattere dispersivo.

Sullo spettro (p-f) ottenuto sono stati individuati una serie di punti nell'area ad alta energia (piking). A partire da essi si è proceduti con la fase di inversione dei dati per ottenere il modello di Vs-profondità.

I modelli di Vs-profondità, ottenuti mediante l'analisi MASW, sono schematizzati di seguito:

Masw 1		Masw 2	
Vs (m/s)	Profondità (mt)	Vs (m/s)	Profondità (mt)
94	0.0÷2.7	105	0.0÷2.9
258	2.7÷8.7	273	2.9÷9.0
393	8.7÷30.0	400	9.0÷30.0

In conformità al D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (di seguito), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei

valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Pertanto il sito in esame rientra in **categoria di sottosuolo C**, caratterizzato da

VS₃₀ di 282 m/s (profilo 1) **VS₃₀ di 293 m/s** (profilo 2).

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

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

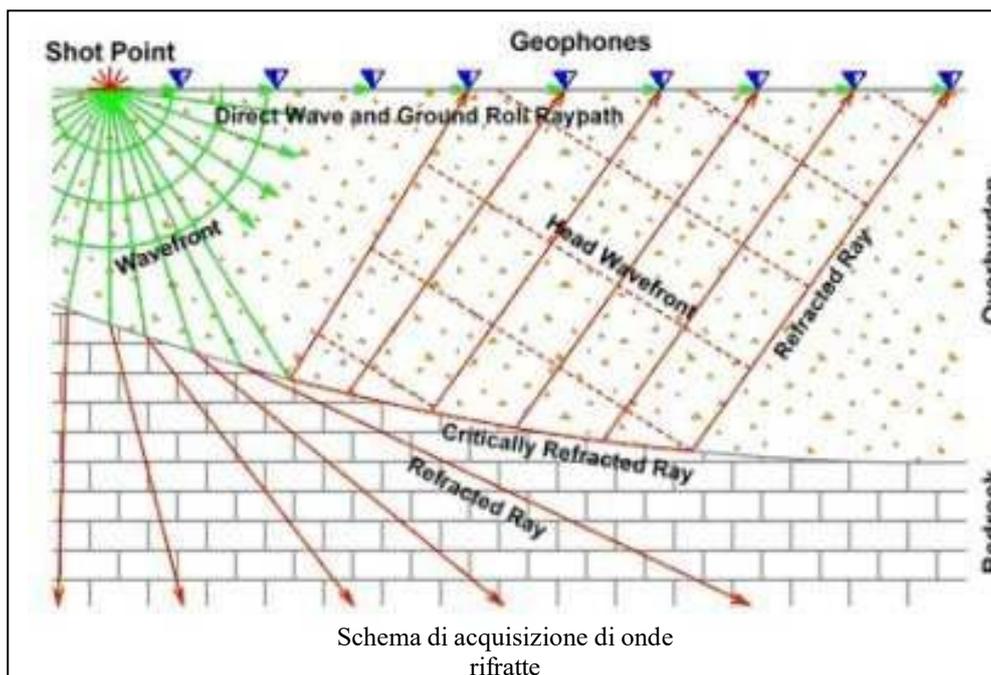
2 PROSPEZIONE SISMICA

Metodologia sismica a rifrazione

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto sorgente), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà geometriche e fisico-meccaniche dei terreni.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo (“bedrock”).

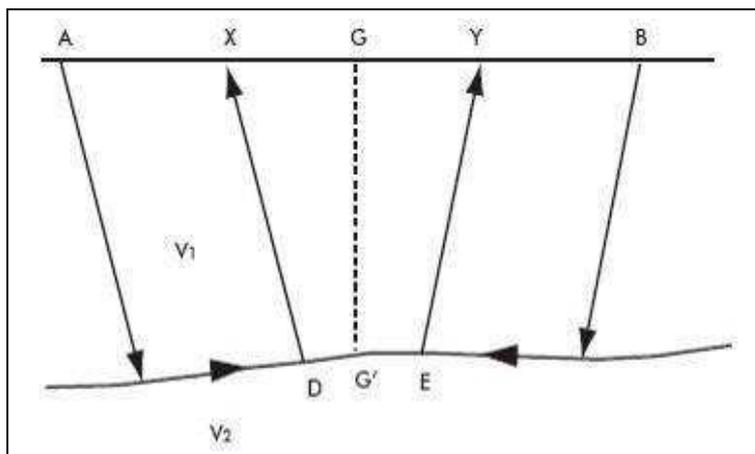
L'unica condizione per eseguire studi di sismica a rifrazione è che la successione rocciosa da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità.



Normalmente il sottosuolo è caratterizzato da strati piano-paralleli con velocità crescente all'aumentare della profondità. In contesti più complessi (inversioni di velocità o presenza di corpi non stratificati) bisogna tener conto del modello tridimensionale del sottosuolo ed intervenire con indagini più specifiche (misure sismiche in foro), per non incorrere in errori interpretativi.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati a rifrazione è stato

il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980). L'analisi GRM (metodo reciproco generalizzato) si basa sulla determinazione del tempo di tragitto delle onde sismiche tra due geofoni separati da una distanza variabile XY ottimale per la quale i segmenti dei raggi che viaggiano verso l'alto e arrivano a ciascun geofono, emergano quasi dallo stesso punto del riflettore (G'). Ciò permette di valutare tutte le eventuali variazioni laterali di velocità del rifrattore, e quindi di ricostruire anche morfologie complesse.



Successivamente, con l'ausilio del software "Rayfract" della Intelligent Resources Inc., si è proceduti all'analisi del sottosuolo in tomografia sismica. Il software, utilizzando i tempi d'arrivo delle onde lette sui sismogrammi sperimentali, permette di eseguire delle ottimizzazioni del modello di velocità. Tali interpretazioni danno modo di rappresentare le velocità sismiche sia secondo sismostrati e sia secondo un'imaging bidimensionale a colori.

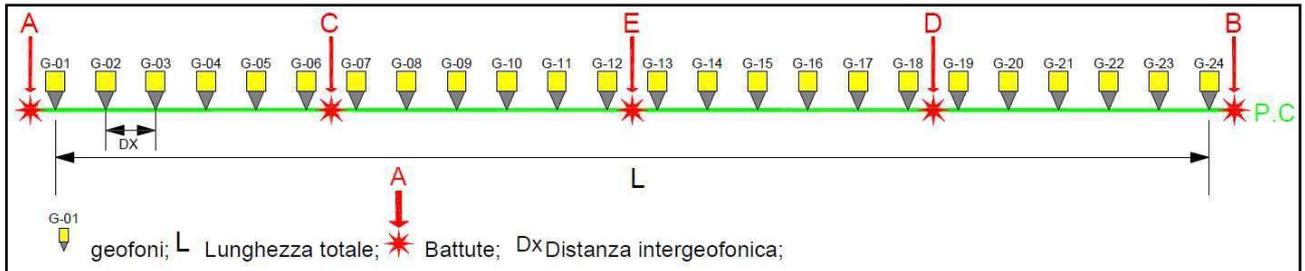
Attrezzature e tecniche operative

Per i profili eseguiti sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della "Seismic Source Co" con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni;
- Ventiquattro geofoni a componente verticale con frequenza di 14 Hz;
- Un piattello in alluminio;
- Un martello di 8 Kg dotato di trigger.

Denominazione	Lunghezza (metri)	Distanza geofonica (metri)
Profilo sismico 1	48	2.0
Profilo sismico 2	48	2.0

Di seguito è mostrato lo schema geometrico di acquisizione:



Il picking delle onde sismiche è stato effettuato sui sismogrammi sperimentali (vedi allegato) mediante il software TomTime della Geotom, LCC, dopo un opportuno filtraggio delle tracce. I primi arrivi sono riportati nei diagrammi tempo-distanza “dromocrone” (vedi allegato).

Risultati

L'elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 3 "sismostrati", così caratterizzati:

- 1. Il primo sismostrato** (con una profondità di 2.7-2.9 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 390-400 m/s e V_s compresa tra 94-105 m/s;
- 2. Il secondo sismostrato** (con una profondità di 8.7-9.0 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 760-810 m/s e V_s compresa tra 258-273 m/s;
- 3. Il substrato rifrattore** ha velocità V_p compresa tra 1420-1440 m/s e V_s compresa tra 393-400 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

- 1. Il primo sismostrato** è associabile a depositi alluvionali di natura sabbioso-limosa;
- 2. Il secondo sismostrato** è associabile a limi sabbioso-argillosi;
- 3. Il substrato rifrattore** è associabile a ghiaia in matrice limo-sabbiosa.

Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm^2 . Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario, pertanto per ottenere i moduli corretti è necessario moltiplicare i valori dei moduli dinamici per il peso di volume reale dei terreni.

La velocità V_s è stata ricavata dall'indagine MASW precedentemente descritta.

Profilo 1

Profondità media (m)	V_p	V_s	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷2.7	400	94	0.47	1.0	265	90	1512
2° sismostrato 2.7÷8.7	810	258	0.44	1.0	1961	679	5789
substrato >8.7	1440	393	0.46	1.0	4601	1576	19058

Profilo 2

Profondità media (m)	V_p	V_s	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷2.9	390	105	0.46	1.0	329	113	1402
2° sismostrato 2.9÷9.0	760	273	0.43	1.0	2169	761	4880
substrato >9.0	1420	400	0.46	1.0	4757	1633	18399

V_p = velocità onde longitudinali in m/s V_s = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm³

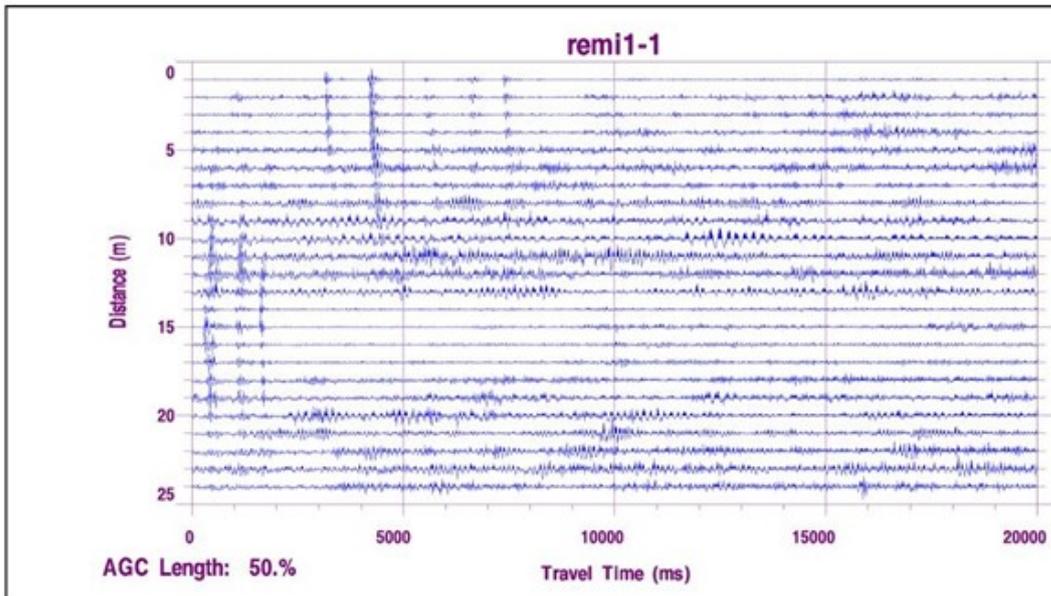
E = modulo dinamico di Young in Kg/cm² G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm²

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm²

ALLEGATO "PROFILO SISMICO 1"

- *Sismogrammi analisi MASW (Re.Mi)*
 - *Analisi profilo MASW (Re.Mi)*
 - *Sismogrammi sismica a rifrazione onde P*
 - *Dromocrone P*
 - *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
-

SISMOGRAMMI ANALISI MASW 1 (METODO RE.MI.)



Indagine MASW 1 "Analisi Re.Mi."

Immagine p-f

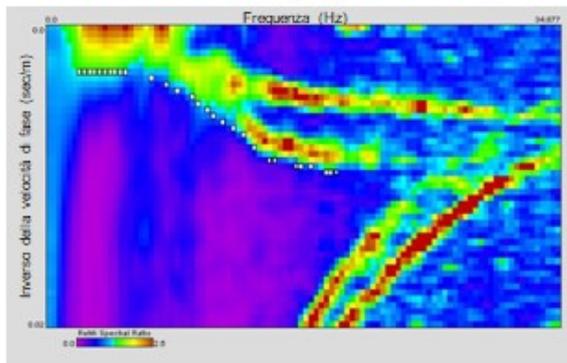


Grafico del modello di velocità
Delle onde trasversali

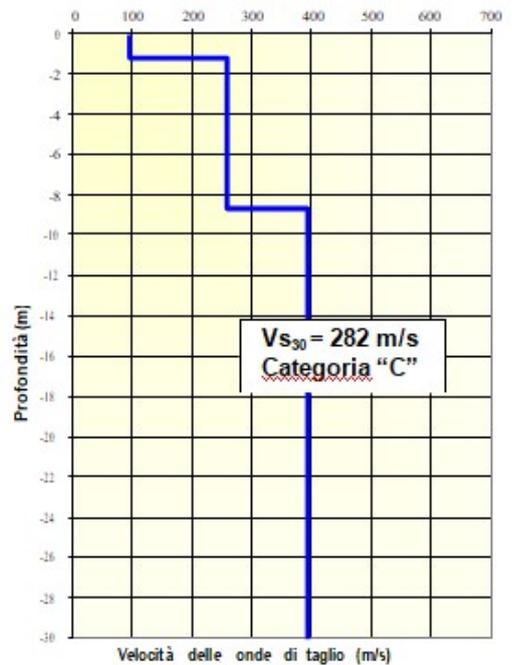
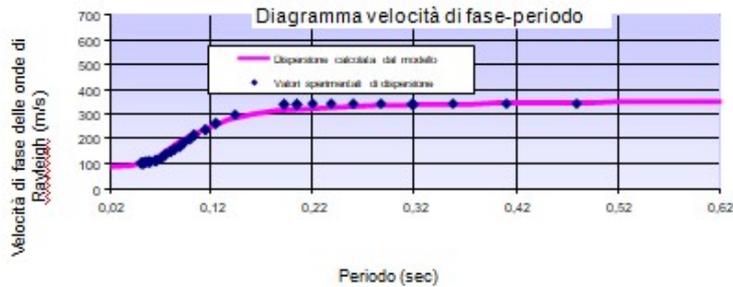
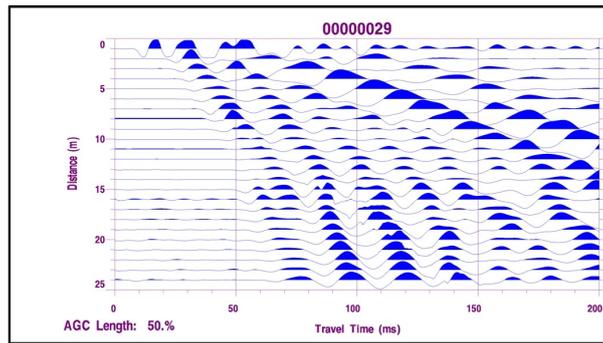


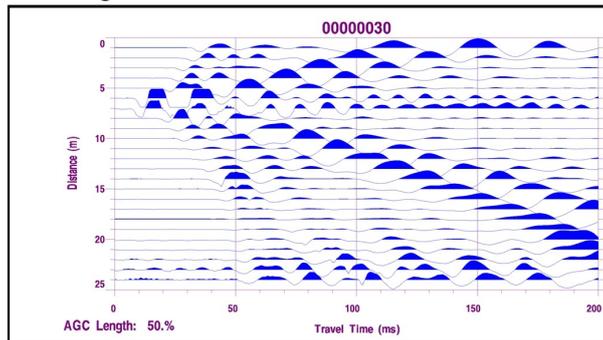
Diagramma velocità di fase-periodo



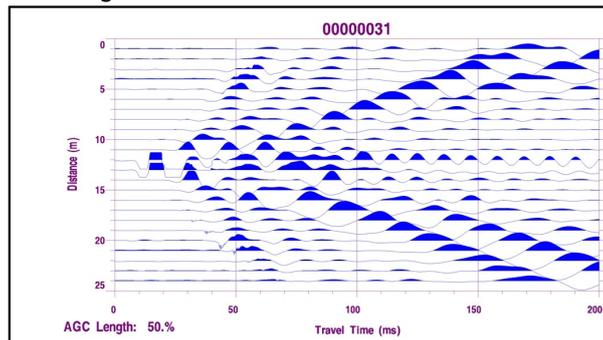
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 1



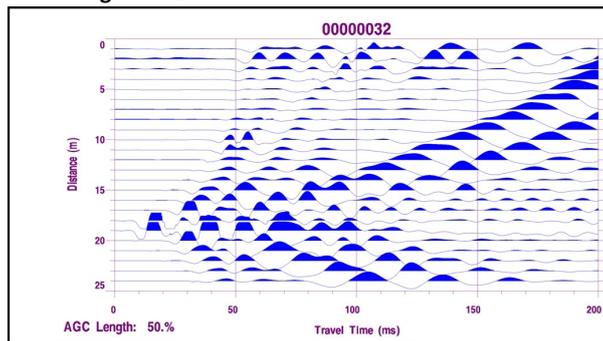
Punto sorgente "A"



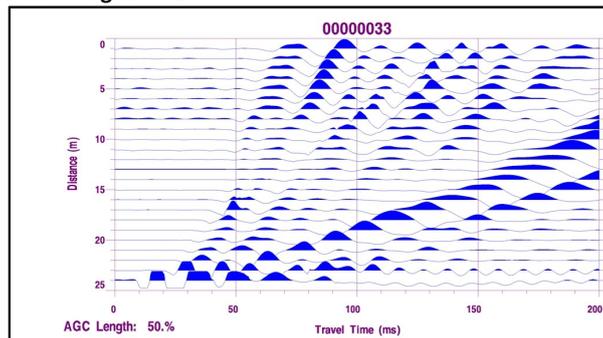
Punto sorgente "C"



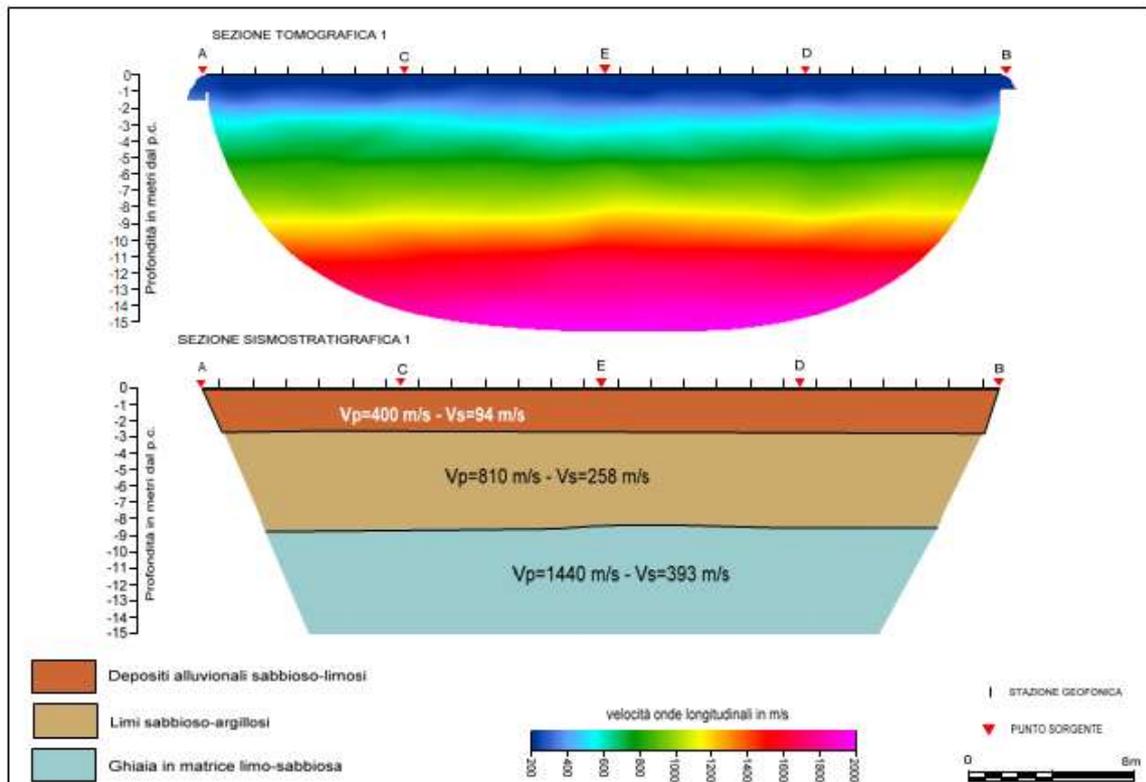
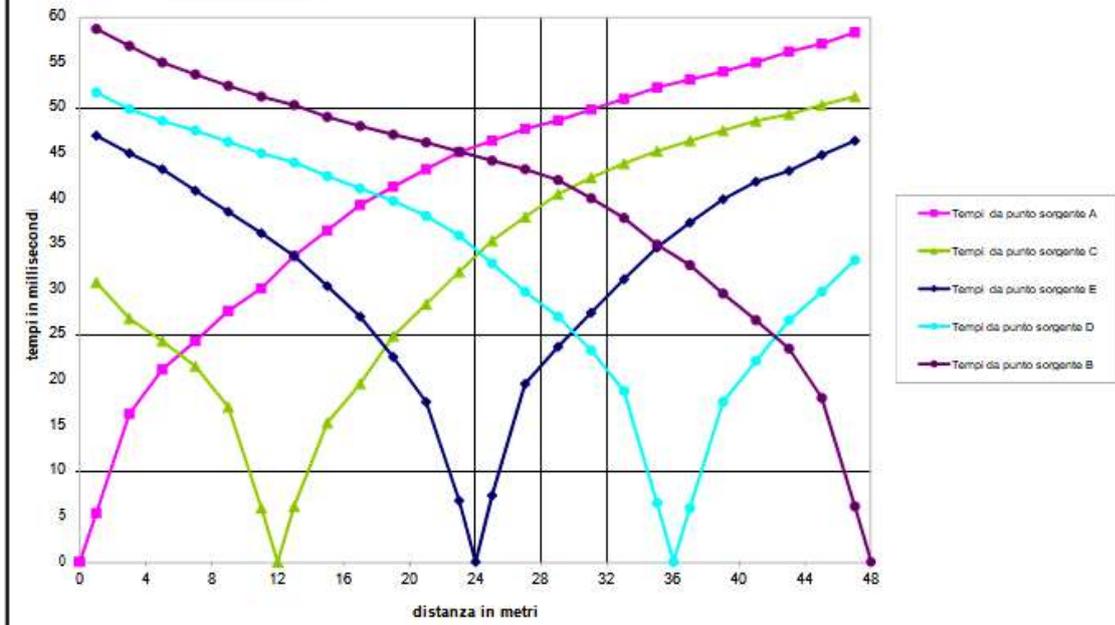
Punto sorgente "E"



Punto sorgente "D"



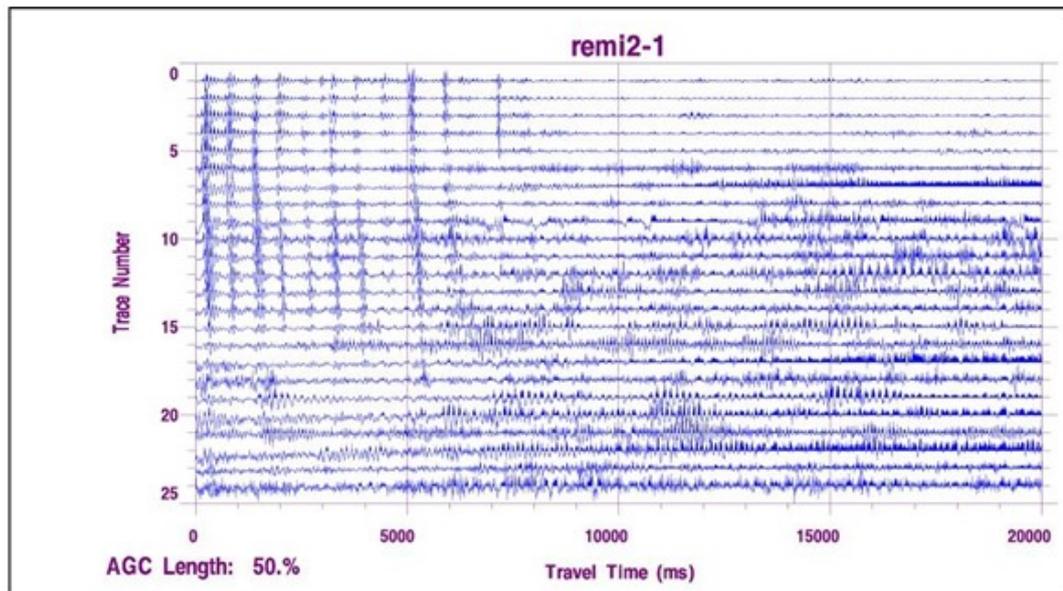
Dromocrone profilo sismico 1 - ONDE LONGITUDINALI



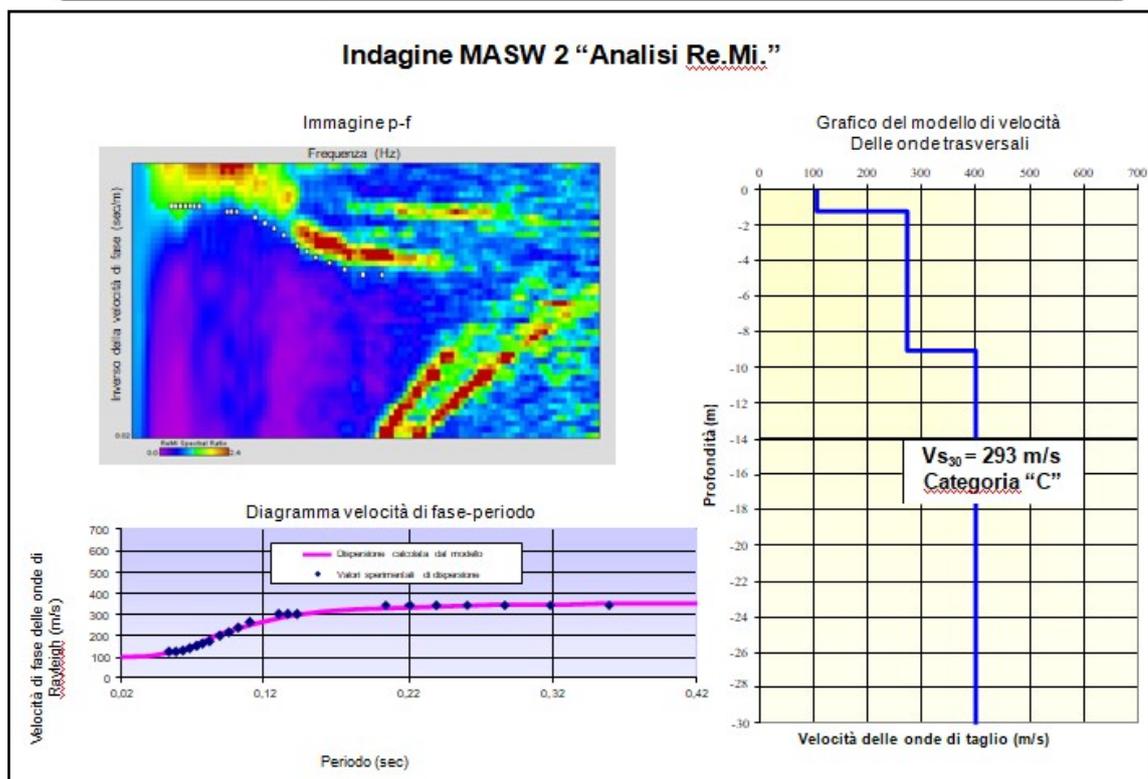
ALLEGATO “PROFILO SISMICO 2”

- *Sismogrammi analisi MASW (Re.Mi)*
 - *Analisi profilo MASW (Re.Mi)*
 - *Sismogrammi sismica a rifrazione onde P*
 - *Dromocrone P*
 - *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
-

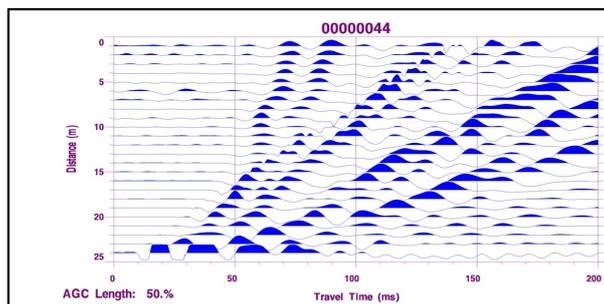
SISMOGRAMMI ANALISI MASW 2 (METODO RE.MI.)



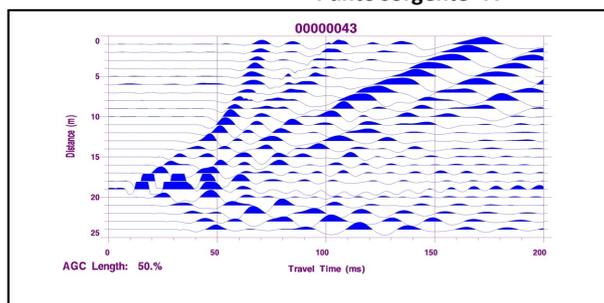
Indagine MASW 2 "Analisi Re.Mi"



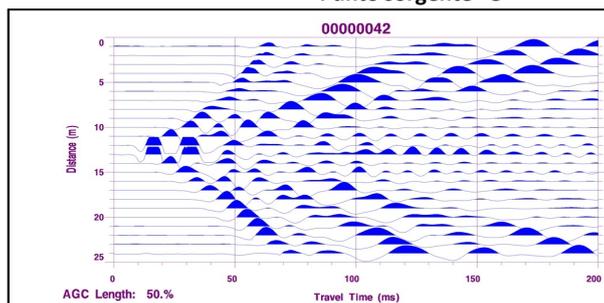
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 2



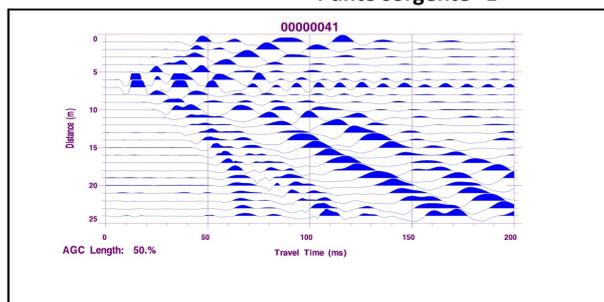
Punto sorgente "A"



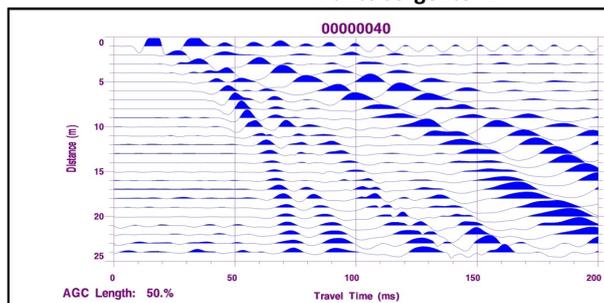
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"



Punto sorgente "D"



Punto sorgente "B"

