

Lavori di razionalizzazione della viabilità di S. Giovanni Rotondo e realizzazione dell'asta di collegamento da San Giovanni Rotondo al capoluogo dauno - 4° Stralcio - S.S. 693 SVV del Gargano - S.S. 89 Garganica - Collegamento Vico del Gargano - Mattinata Tratto Vico del Gargano - Vieste

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COD. BA322

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - SIPAL - TECNIC - GDG - ICARIA - AMBIENTE

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Elena Bartolucci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A3217

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Domenico Belcastro
Ordine dei Geologi della Regione Calabria n°218

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

IL RESPONSABILE DI PROGETTO

Dott. Ing. Marianna Grisolia

IL COLLABORATORE DEL R.U.P.

Dott. Ing. Alberto Sanchirico

IL R.U.P.

Dott. Ing. Rocco Lapenta

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott.Ing. N.Granieri
Dott.Ing. V.Truffini
Dott.Ing. T.Berti Nulli
Dott.Arch. A.Bracchini
Dott.Ing. E.Bartolucci
Dott.Ing. L.Spaccini
Dott.Ing. L.Casavecchia
Dott.Geol. G.Cerquiglioni
Dott.Ing. F.Durastanti
Dott.Ing. M.Abram
Dott.Arch. C.Presciutti
Dott. Agr. F.Berti Nulli
Dott. M. De Tursi

MANDANTI:



Dott. Ing. A.Turso
Dott. Ing. J.Turaglio
Dott. Ing. F.Stoppa
Dott. Ing. A.Dipierro



Prof. Ing. S.Canale
Dott. Ing. C.Sanna
Dott. Ing. C.Nardi
Dott. Ing. F.Voloninno
Dott. Ing. M.Schinco



GEOTECHNICAL DESIGN GROUP

Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. C.Consorti
Dott. Ing. E.Loffredo
Dott. Ing. S.Sacconi



ICARIA
società di ingegneria

Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. F.Macchioni
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. V.Piunno



Dott. Ing. A.Lucioni
Dott.Arch. M.Paglini
Dott.Arch. F.Marsiali
Dott. M.Pizzato
Agr. M.T. Colacresi



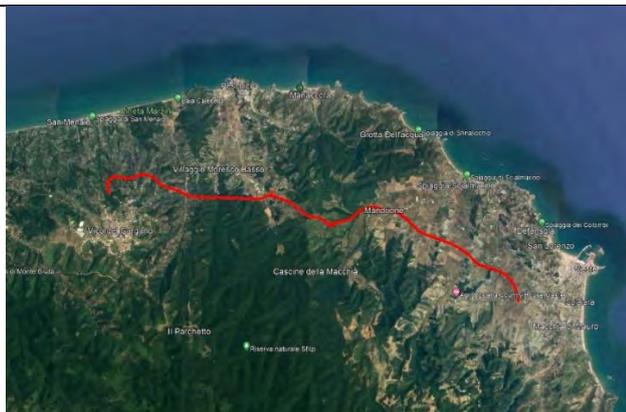
**GEOLOGIA
GESTIONE DELLE MATERIE**

Report indagini ambientali

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00-GE01-GEO-RE02-B			
BA322	F 22	CODICE ELAB.	T00GE01GEORE02	B	-
B	Revisione a seguito di istruttoria interna ANAS	02/2023	G.Cerquiglioni	E.Bartolucci	N.Granieri
A	Emissione	11/2022	A.Lisetti	E.Bartolucci	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

OGGETTO

**INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI RELATIVE AL PROGETTO DI
FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DELL'INTERVENTO "S.S. 693-SSV DEL
GARGANO S.S. 89 GARGANICA COLLEGAMENTO VICO DEL GARGANO-
MATTINATA-TRATTO VICO DEL GARGANO**

CODICE**ELABORATO****R-TOT****RELAZIONE GENERALE SULLE INDAGINI****STAZIONE APPALTANTE**

ANAS S.P.A.

**RILIEVI E INDAGINI****APOGEO s.r.l.**

Via Caduti di Nassiriya, 170 70022 Altamura (BA)
Cod. Fisc. e P. IVA 01037210778
Tel.: 080/3143324 www.apogeo.biz
Email: apogeo.altamura@libero.it - PEC: apogeo.altamura@pec.it
OS20A Class. I OS20B Class. III-BIS

**IL DIRETTORE TECNICO**

APOGEO S.r.l.
Il Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Pepe

COMMITTENTE**SINTAGMA S.R.L.-**

**AMBIENTE S.p.A. – SIPAL S.p.A. – T.E.C.N.I.C.
CONSULTING ENGINEERS S.p.A. – ICARIA s.r.l. –
GEOTECHNICAL DESIGN GROUP s.r.l. (mandanti)
06132 PERUGIA-S. MARTINO IN CAMPO-VIA
ROBERTA 1**

REV.	DATA	RIFERIMENTO REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
02	16/09/2022				PEPE

SCALA		CODICE COMMESSA	2022_187
--------------	--	------------------------	-----------------

ELENCO ALLEGATI	
------------------------	--

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' E CRITICITA' RICONTRATE.....	3
2.1 ATTIVITA' PRELIMINARI	3
2.2 CRITICITA' RICONTRATE	5
1 INQUADRAMENTO.....	6
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	7
2 INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE.....	10
2.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE SPT	10
2.2 PROVE DI PERMEABILITÀ E PRESSIOMETRICHE	11
3 INDAGINI GEOFISICHE INDIRETTE.....	12
3.1 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P ED S DI SUPERFICIE E DOWN-HOLE.....	12
4 RILIEVI PLANOALTIMETRICI.....	13
4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	13
4.2 DESCRIZIONE DEL METODO	14
4.2.1 <i>Tecnologia di rilievo</i>	14
4.2.2 <i>Collegamento del rilievo alla rete GNSS della NetGEO</i>	15
4.3 RESTITUZIONE DEI DATI.....	15
3. TABELLE COORDINATE INDAGINI.....	16

1. PREMESSA

Nell'ambito del Progetto per la realizzazione del "Nuovo tracciato della strada Peschici-Vieste- AQ DG 27/18 LOTTO 5 GARGANICA", vengono riportati i risultati ottenuti dalla campagna di indagini a carattere sia geofisico che geognostico.

In ottemperanza a quanto previsto in appalto sono state eseguite una serie di indagini dirette e indirette lungo tutto il tracciato di progetto nel territorio comprensivo delle località di Vico del Gargano, Peschici e Vieste.

Vista la natura dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera in progetto durante l'attuazione delle indagini è stata posta particolare attenzione a:

- Individuare, soprattutto in corrispondenza delle opere d'arte principali, la presenza di anomalie stratigrafiche e/o elementi ferromagnetici;
- Valutare la composizione granulometrica dei terreni superficiali investigati al fine di poter fornire informazioni utili ai successivi approfondimenti idraulici;
- Determinare la sismostratigrafia locale e calcolare il valore puntuale del $V_{s,eq}$ al fine di attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplate dalle NTC 2018;
- Determinare le caratteristiche fisico-meccaniche della roccia calcarea di fondazione in corrispondenza delle opere d'arte principali di progetto;
- Valutare la qualità ambientale dei terreni soggetti a scavo per il riutilizzo nello stesso sito o come sottoprodotto, ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e D.P.R. 120/2017.

La campagna indagini è consistita nell'esecuzione di:

INDAGINI GEOFISICHE:

- **n.°46 acquisizioni georadar** con georadar GSSI utilizzando antenne a frequenza 200 e 600 Mhz eseguite sia longitudinalmente che trasversalmente all'asse stradale per effettuare la valutazione del rischio bellico residuale in merito all'opportunità di procedere ovvero escludere la bonifica sistematica dell'area d'interesse;
- **n. 8 prospezione sismica eseguita con tecnica MASW** per la determinazione delle onde di taglio (S), (MASW01÷MASW12) ubicate come in planimetria, per la quale sono stati utilizzati n. 24 geofoni con spaziatura inter-geofonica variabile di 2.0, 2.5, 3.0 e 5.0m ed eseguiti due scoppi posti a 5.0, 6.0 e 10m dal primo e dall'ultimo geofono; tale tecnica consentirà di stimare il valore delle $V_{s,eq}$ e quindi attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplata dalle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018;
- **n. 8 prospezione di sismica passiva con tecnica RE.MI.** per la determinazione delle onde di taglio (S), (RE.MI.01 ÷ RE.MI. 12) ubicata in corrispondenza della stessa base sismica, per la quale sono stati utilizzati n. 24 geofoni con spaziatura geofonica rispettivamente di 2.5, 3.0 e 5.0m; tale tecnica, che misura il tempo di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, prodotte da sorgenti naturali, consentirà di rilevare il dato sismico del $V_{s,eq}$ a maggiori profondità e quindi rafforzare i risultati ottenuti con l'indagine "attiva" e pertanto attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplata dalle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

- **n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione in foro in onde P ed S**, eseguite rispettivamente in corrispondenza dei sondaggi meccanici S13 e S28, spinto a profondità di 30m; tale indagine consente di individuare una simostratigrafia di maggiore dettaglio anche se di valore puntuale, stimare i valori di alcuni fra i principali moduli elastici dinamici dei terreni ed nella maggior parte dei casi determinare il valore del parametro individuato dalle nuove Norme tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) per l'individuazione della categoria di suolo di fondazione (Vs,eq);

INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE

- **n. 9 perforazioni ad andamento verticale** eseguite a rotazione sia carotaggio continuo che a distruzione di nucleo fino a profondità massima di **50m dal p.c.** e prelievo di campioni di roccia per valutazioni geotecniche e ambientali, come da capitolato a profondità variabili;
- **n. 18 perforazioni ad andamento verticale** eseguite a rotazione a carotaggio continuo fino a massima profondità di 2.0 m dal p.c., con relativo prelievo campioni per valutazioni ambientali;
- **n. 3 di tipo Lugeon**, eseguite al fine di misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno ed eseguite alle profondità indicate dalla committenza;
- **n. 2 piezometri a tubo aperto** utilizzati per misurare il livello di falda o la pressione neutra in terreni a media e alta permeabilità;
- **n. 5 piezometri di Casagrande** utilizzati per la misura di pressioni interstiziali in terreni mediamente permeabili;
- **n. 9 prove pressiometriche** per misurare la deformazione del terreno sollecitato mediante espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso;
- **n. 8 Prove di penetrazione dinamica SPT** per la determinazione della resistenza del terreno alla penetrazione.

INDAGINI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

- **n. 13 prelievo di campioni rimaneggiati** per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni;
- **n. 7 prove di carico su piastra in roccia e in terra** che consentono di determinare le proprietà di resistenza e di cedimento verticale di una determinata massa di terreno in sito e nel caso delle rocce il modulo di deformabilità e di elasticità sul contorno di scavo e in profondità;

INDAGINI AMBIENTALI

- **n. 59 prelievo di campioni ambientali delle terre** per analisi chimiche e mineralogiche di laboratorio sul materiale da scavo ai sensi del D.Lgs. 152/2006;

Nella presente relazione vengono descritte le eventuali problematiche riscontrate nell'attuazione di talune indagini sopra citate e una visione d'insieme delle finalità delle prospezioni geofisiche e geotecniche messe in atto, come da accordi con la committenza.

Per una valutazione più dettagliata relativa agli strumenti, le attrezzature utilizzate in campo, le procedure e le metodologie di elaborazione ed interpretazione dei risultati ottenuti si rimanda la consultazione degli allegati specifici **R-GPR**, **R-SISM** e **R-GEO**.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' E CRITICITA' RISCONTRATE

2.1 ATTIVITA' PRELIMINARI

La progettazione e il supporto gestionale per la realizzazione del “Nuovo tracciato della strada Peschici-Vieste- AQ DG 27/18 LOTTO 5 GARGANICA”, ha previsto l’attuazione di una serie di attività preliminari e propedeutiche alla pianificazione delle successive indagini geognostiche e geofisiche ad esso finalizzate.

Sono stati studiati accuratamente gli elaborati di progetto, analizzate le indagini pregresse eseguite nelle aree in oggetto e tutto il materiale di letteratura reperibile ed utile ai fini della conoscenza del contesto locale.

E’ stato così possibile ricostruire la conformazione litologica in situ, a supporto delle indagini dirette e indirette eseguite in prossimità di tali aree. Quindi, noti i principali elementi di rilievo dei siti di progetto, è stato predisposto un piano di indagini con cronoprogramma dettagliato, a supporto del quale sono stati eseguiti i sopralluoghi preliminari per verificare l’accessibilità dei mezzi pesanti (trivelle e rimorchi) sulle strade comunali, provinciali e nei terreni privati.

Si precisa inoltre, che prima dell’esecuzione dei sondaggi sono state eseguite delle prospezioni con georadar di superficie e Radiodetector RD8100, per il rilevamento di eventuali elementi ferromagnetici e sottoservizi di varia natura, che hanno permesso di evitare interferenze con sottoservizi nascosti, fondamentali per la corretta esecuzione delle tecniche di perforazione e campionamento.

Inoltre di molti punti di indagine sono stati acquisiti le coordinate assolute mediante GPS, procedura che ha permesso di restituire i dati in formato .dwg nel sistema di riferimento WGS84.

A seguire si riportano alcuni scatti fotografici delle attività di ricognizione preliminare.

<p><i>Ubicazione di sondaggi mediante utilizzo del GPR</i></p> 	<p><i>Ubicazione di sondaggi mediante utilizzo del GPR</i></p> 
<p><i>Ubicazione di sondaggi mediante utilizzo del GPR</i></p> 	<p><i>Ubicazione di sondaggi mediante utilizzo del GPR</i></p> 
<p><i>Verifica preliminare dell'accessibilità</i></p> 	<p><i>Verifica preliminare dell'accessibilità</i></p> 
<p><i>Verifica preliminare dell'accessibilità</i></p> 	<p><i>Verifica preliminare dell'accessibilità</i></p> 



Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class.



2.2 CRITICITA' RISCONTRATE

Nell'attuazione della campagna geognostica e geofisica sono insorte delle problematiche di varia natura in seguito alle quali si è ritenuto opportuno modificare il piano d'indagini e/o il posizionamento di alcune prospezioni, sottoposte in corso d'opera all'analisi dei progettisti.

In accordo con i progettisti, per problemi di inaccessibilità e al fine di rendere agevoli e in sicurezza le lavorazioni si è proceduto ad una ricollocazione di talune indagini, che sono state eseguite in ubicazioni strategiche al fine di fornire indicazioni valide per la realizzazione dell'opera in progetto.

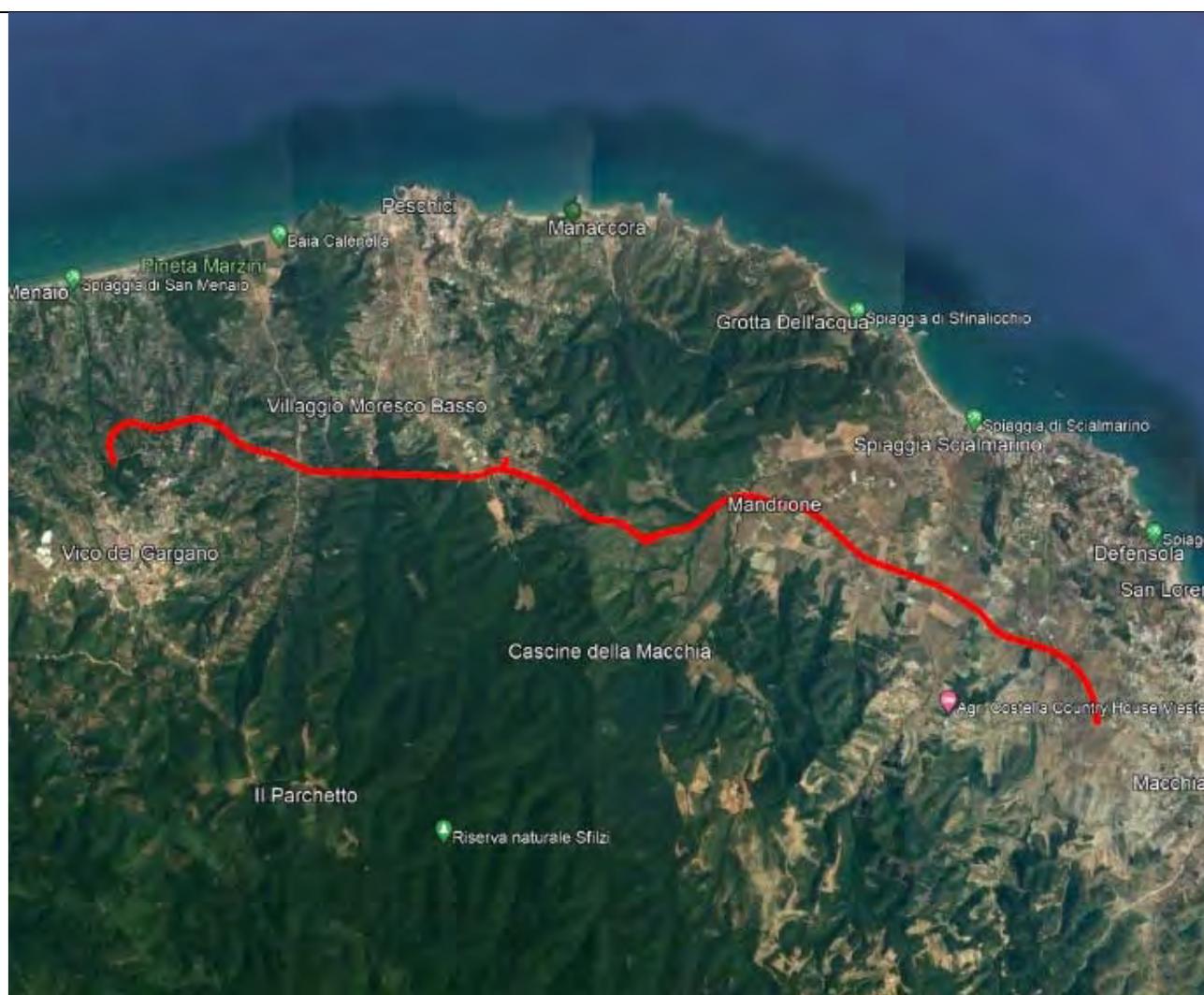
1 INQUADRAMENTO

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dallo studio riveste una superficie molto ampia, che coinvolge diversi comuni della Regione Puglia, che ricadono nel Foglio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 n.°157 "Monte Sant'Angelo".

In virtù della grande estensione di territorio investigato, da un punto di vista geo-litologico sono state prese in analisi formazioni diverse per ambiente deposizionale, di cui saranno descritte le caratteristiche principali nel capitolo successivo.

ORTOFOTO CON UBICAZIONE DELL'AREA INVESTIGATA



2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area d'interesse, dal punto di vista geologico, ricade nel foglio n.157 "Monte Sant'Angelo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Il Gargano costituisce, dal punto di vista morfologico, un esteso altopiano completamente isolato dai rilievi vicini: Appennino ad occidente e Murge al sud. Limitatamente all'area compresa all'interno del foglio, si possono riconoscere tre zone principali (centro-occidentale, orientale e meridionale) distinte sia per i diversi litotipi affioranti sia per gli effetti che su di essi hanno avuto la tettonica prima e l'erosione poi.

Nel promontorio del Gargano affiorano quasi esclusivamente terreni calcarei e dolomitici di età compresa tra il Giurassico superiore ed il Miocene. Sedimenti marini più recenti, attribuiti al Plio-Pleistocene, si rinvengono soltanto ai piedi dei rilievi, dai dintorni di Manfredonia ai laghi di Lesina e Varano.

Il Gargano è interpretato come un Horst, leggermente piegato ed appartenente all'avampaese adriatico.

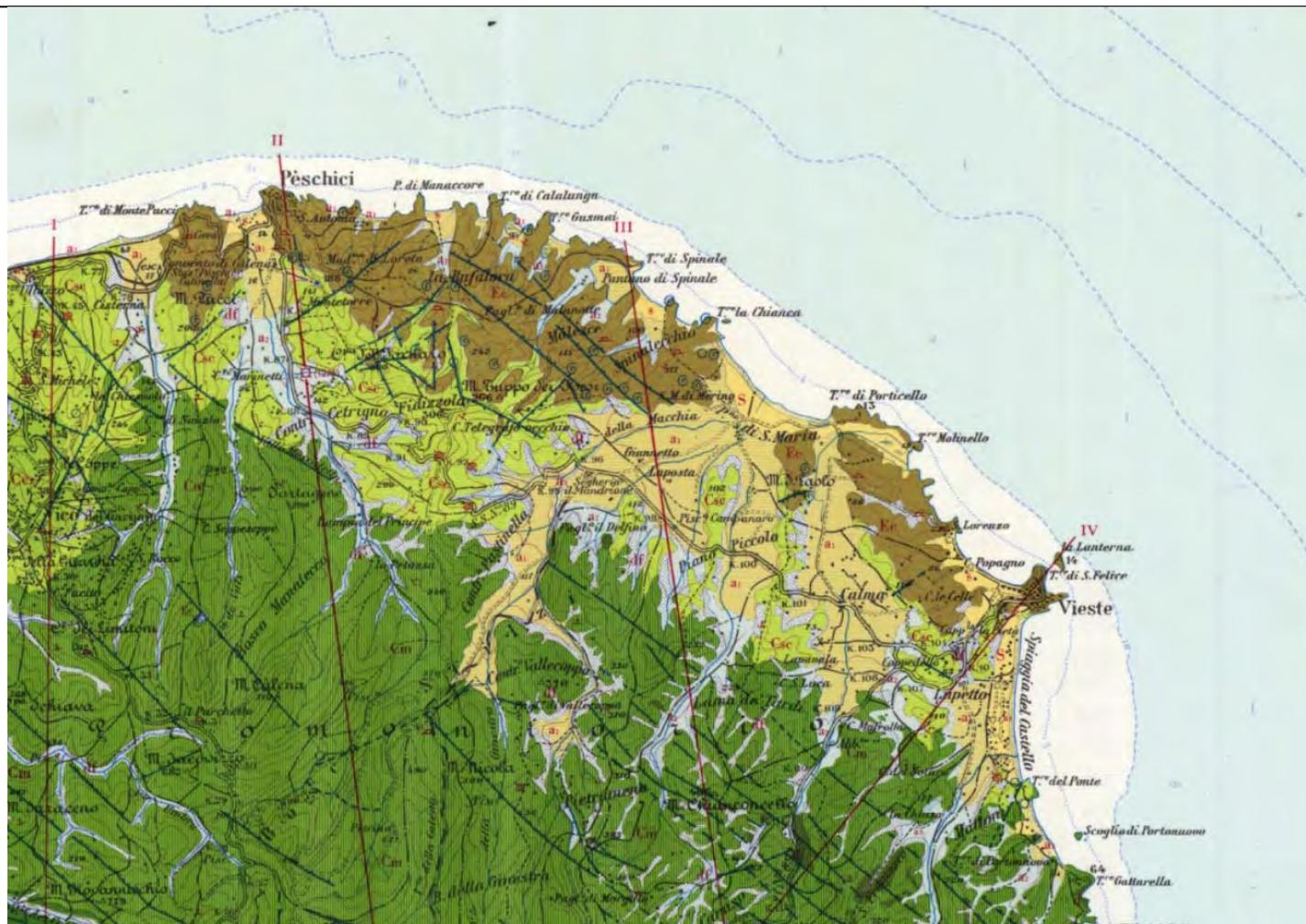
Il nucleo di questo horst si trova in corrispondenza degli affioramenti più antichi del Gargano, e cioè dei Calcari di scogliera di M. Sacro e dei Calcari oolitici di Coppa Guardiola di età giurassica; esso si sviluppa con direzione NO-SE, dal Lago di Varano a Mattinata. Le diverse formazioni sono disposte chiaramente a periclinale attorno ai depositi di scogliera e delineano quindi una piega a fianchi dolci che soltanto eccezionalmente raggiungono pendenze elevate.

Il carattere dominante della tettonica locale è rappresentato dalle faglie, di tipo normale, che non soltanto delimitano l'Horst, sia verso l'Adriatico che verso la piana di Foggia, ma lo interessano in tutta la sua estensione, dividendolo in zolle secondarie. Le faglie osservate nella regione possono essere riunite in tre gruppi principali: quelle a direzione NO-SE, cioè appenninica, quelle normali alle precedenti e quelle a direzione EO. Le faglie a direzione Ovest-Est appaiono più importanti di quelle NO-SE; esse coinvolgono soprattutto il Gargano centromeridionale.

La più nota è la faglia che attraversa la Valle Carbonara, conosciuta anche come "faglia di Mattinata".

L'elemento di maggior rilievo, sia dal punto di vista stratigrafico che strutturale, è dato da una formazione organogena di scogliera, di età giurassica, che separa due zone litologicamente ben differenziate: la zona nord-orientale, caratterizzata da sedimenti in facies pelagica ("maiolica" e "scaglia") e quella occidentale con sedimenti in facies litorale e neritica. Pertanto, la zona di scogliera propriamente detta, costituita da una formazione calcareo-dolomitica occupa tutta la fascia centrale del promontorio, dal lago di Varano a Mattinata; età Giurassico superiore.

Carta Geologica d'Italia in Scala 1:100.000 – Foglio n.157



	Detrito di [alde, ad elementi calcarei e silicei, non cementato.
	Depositi colluviali ed eluviali («terre rosse»).
	Alluvioni e spiagge attuali.
	Alluvioni recenti non terrazzate.
	Alluvioni recenti terrazzate.
	Sabbie costiere e dune recenti.



Calcarei e calcareniti in strati di 10-80 cm; Zona di Associazione a *Nummulites* e *Discocyclinae* (Monte S. Angelo, Pèschici e Vieste): **EOCENE MEDIO**.
Calcarei e calcareniti a stratificazione irregolare; Zona di Associazione ad *Alveolinae* (Monte S. Angelo): **EOCENE INFERIORE**.
Calcarei organogeni non stratificati; Zona di Associazione a Coralli, Alghe ed Idrozoi (Monte S. Angelo): **PALEOCENE**.
CALCARI A NUMMULITI DI PÈSCHICI.



Calcarei e calcari marnosi bianchi o grigi, con liste e noduli di selce, porcellaniti verdastre, marne ed argille, in alternanza, a stratificazione generalmente sottile; (settore settentrionale, tra Vico del Gargano e Vieste); Zona di Associazione a *Globotruncanae*, nella parte superiore: **SENONIANO INFERIORE - CENOMANIANO**; Zona di Associazione a *Ticinellae*, nella parte inferiore: **ALBIANO - APTIANO**.
CALCARI TIPO "SCAGLIA".



Calcarei, compatti bianchi o nocciola, a grana fine ed a frattura concoide, con liste e noduli di selce, in strati regolari di 10-40 cm (Cm) e dolomie cristalline grige, con selce, a stratificazione irregolare, intercalate ai calcari precedenti (d) (settore settentrionale ed orientale); Zona di Associazione a Radiolari e spicole di Spugne: **NEOCOMIANO**.
CALCARI TIPO "MAIOLICA".

2 INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE

Le attività di perforazione geognostica e campionamento sono state eseguite mediante l'utilizzo una squadra in campo, sotto la supervisione di un geologo che ha provveduto a redigere le stratigrafie, catalogare le cassette catalogatrici e acquisire la documentazione fotografica.

2.1 Sondaggi geognostici e prove SPT

La campagna geognostica è consistita nell'esecuzione di n.9 perforazioni verticali eseguite a rotazione a carotaggio continuo, di diametro 101 mm; di cui:

- ❖ n. 1 sondaggio spinto fino a profondità di 20 m dal p.c. (S21);
- ❖ n. 2 sondaggi spinti fino a profondità di 30 m dal p.c. (S28, S32);
- ❖ n. 2 sondaggi spinti fino a profondità di 25 m dal p.c. (S34, S14);
- ❖ n.1 sondaggio spinto fino a profondità di 33m dal p.c. (S13);
- ❖ n. 2 sondaggi spinti fino a profondità di 45 m dal p.c. (S5, S10);
- ❖ n.1 sondaggio spinto fino a profondità di 50m dal p.c.(S25);
- ❖ n.16 sondaggi spinti fino a profondità di 2m dal p.c.;
- ❖ n. 2 prelievo di campioni Topsoil (KML12 e KML23), per inaccessibilità del luogo.

Per ciascun sondaggio è stato compilato apposito modulo stratigrafico contenente i dati di cantiere e le principali caratteristiche dei materiali attraversati. Sono state inoltre eseguite due misure del livello di falda, nei sondaggi in cui essa è stata rilevata, tramite freatimetro.

Inoltre si è proceduto al prelievo, per ciascuna terebrazione, di diverse tipologie di campioni a profondità variabili, secondo le indicazioni dei progettisti, così come indicato:

- n. 59 campioni ambientali di terra;
- n. 13 campioni rimaneggiati;

Nell'ambito di **n.3** terebrazioni sono state eseguite **n.8 prove SPT** (Standard Penetration Test) a profondità variabili, come indicato dai progettisti ai sensi della norma AGI (1977).

La prova SPT è stata eseguita durante la perforazione e consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionario di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante una batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio che cade liberamente da un'altezza standard.

Tramite correlazioni empiriche si è in seguito in grado di stimare la resistenza alla penetrazione del terreno indagato.

L'ubicazione, la documentazione fotografica e le stratigrafie sono consultabili nell'allegato **ALL-STRAT**, mentre una descrizione dettagliata del metodo è consultabile nell'allegato **R-GEO**.

2.2 Prove di permeabilità e pressiometriche

In concomitanza all'esecuzione dei sondaggi, i relativi fori sono stati adeguatamente allestiti per l'esecuzione di prove geognostiche quali:

- **n. 3 prove di permeabilità Lugeon** eseguite a profondità variabili, per una corretta caratterizzazione litologica dell'area oggetto d'indagini, ai sensi della normativa di riferimento AGI (1977).

Le prove sono state effettuate immettendo acqua in pressione su tratti prestabiliti di foro di sondaggio, la quale profondità è stata indicata dai progettisti, per valutare la permeabilità di ammassi rocciosi in termini di assorbimento di acqua nell'unità di tempo, in funzione della pressione di prova e della lunghezza del tratto di foro interessato.

- **n. 9 prove pressiometriche** eseguite a profondità variabili, come indicato dalla committenza, ai sensi del ASTM D 4719-87 Standard Test Methods for Pressuremeter Testing in Soils del 1994 e della Norma AFNOR NF P94-110 Essai Pressiométrique Menard del 2000;
Esse consentono, tramite una sonda cilindrica inserita in foro di sondaggio ad espansione controllata, di stimare la resistenza alla deformazione orizzontale delle pareti del foro e quindi del terreno;

L'ubicazione, la documentazione fotografica i risultati delle prove Lugeon e pressiometriche consultabili nell'allegato **ALL-STRAT**, mentre una descrizione dettagliata del metodo è consultabile nell'allegato **R-GEO**.

3 INDAGINI GEOFISICHE INDIRETTE

3.1 Prospezioni sismiche a rifrazione in onde P ed S di superficie e Down-Hole

Nell'ambito del presente studio, sono state eseguite:

- **n. 8 prospezione sismica eseguita con tecnica MASW** per la determinazione delle onde di taglio (S);
- **n. 8 prospezione di sismica passiva con tecnica RE.MI.** per la determinazione delle onde di taglio (S);
- **n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione in foro in onde P ed S,** eseguite rispettivamente in corrispondenza dei sondaggi meccanici S13 e S28, spinto a profondità di 30m.

L'ubicazione delle stesse è avvenuta in seguito ad un sopralluogo preliminare conseguente al quale si è constatata l'accessibilità al luogo. In taluni casi, come stabilito in itinere dai progettisti, si è ritenuto opportuno ricollocare le indagini sismiche in modo da poter operare in sicurezza.

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P ed S, è stato quindi possibile ricavare la sismo-struttura del sottosuolo in corrispondenza di ogni base sismica e determinare alcuni moduli elastici del terreno.

Le prove sismiche in foro di tipo Down-hole a differenza delle indagini sismiche di superficie, consentono la caratterizzazione delle terre e delle rocce con maggior dettaglio puntuale e allo stesso modo determinare i parametri elastici.

L'ubicazione dei profili sismici di superficie, la documentazione fotografica, e la loro elaborazione è riportata nelle tavole planimetriche e nella **R-SISM**.

4 Rilievi planoaltimetrici

Al fine di georeferire in maniera dettagliata le indagini geofisiche e geognostiche è stata eseguita una campagna di rilievo GPS che ha permesso l'esatta ubicazione delle stesse nell'area interessata dal progetto. Nei paragrafi seguenti si descrive in maniera dettagliata il metodo e la strumentazione utilizzata per l'esecuzione dei rilievi plano-altimetrici.

4.1 Strumentazione utilizzata

La strumentazione GPS è composta da una stazione costituita da:

1. N. 1 Ricevitore GPS HiPer HR con tecnologia UTC (Universal Tracking Channel);
2. N. 1 Controller FC-5000 per l'acquisizione dei dati, con sistema operativo Microsoft Windows 10.

L'elaborazione dei dati avviene attraverso il software Magnet.



Ricevitore HiPer HR



FC-5000

4.2 Descrizione del metodo

4.2.1 Tecnologia di rilievo

Per il rilievo si utilizzano n. 1 ricevitore GPS (HiPer HR) e n. 1 controller (FC-5000) che si interfacciano mediante un collegamento Bluetooth per l'acquisizione dei dati; in questo modo le informazioni sono inviate dal ricevitore verso le stazioni permanenti GNSS di proprietà della NetGeo.

La Rete NetGEO è costituita da 200 Stazioni Permanenti dotate di ricevitori Topcon NET-G3A, NET-G3, Odyssey-RS oppure GB-1000 e antenne Topcon CR-G3, CR-3, G3-A1 oppure PG-A1 in grado di acquisire segnali dalla costellazione satellitare americana GPS e dalla costellazione russa GLONASS.

Ciascuna stazione permanente invia in tempo reale al Centro di Controllo presso la Topcon Positioning Italy le osservazioni effettuate dai satelliti. Il calcolo di rete viene effettuato dal software MagNET realizzato da Topcon: un programma che gestisce in modo semplice e completo reti di Stazioni Permanenti GNSS e distribuisce agli utenti i servizi di correzione in tempo reale (VRS, DGPS ecc.).

Ogni rete di Stazioni Permanenti materializza un Sistema di Riferimento e lo distribuisce all'utenza per mezzo dei suoi prodotti: NetGEO è inquadrata nel sistema di riferimento ETRF2000-RDN (Rete Dinamica Nazionale) con la certificazione dell'Istituto Geografico Militare, in questo modo gli utenti possono posizionarsi in tempo reale e post-processamento direttamente nel nuovo Sistema di Riferimento ufficiale italiano.



4.2.2 Collegamento del rilievo alla rete GNSS della NetGEO

La prima fase da eseguire è collegare il controller FC-5000 al ricevitore Hiper-HR, tale legame avviene attraverso il software Magnet presente nel controller. Dopo l'apertura, il software esegue due passaggi:

- Il primo passaggio sta nel collegare il controller al ricevitore tramite la connessione Bluetooth;
- Il secondo passaggio sta nel collegare il controller, il quale al suo interno ha una scheda GSM con una copertura dati Internet, alle stazioni permanenti della NetGeo tramite connessione ad una rete.

La determinazione delle coordinate assolute è stata possibile grazie all'utilizzo di GPS geodetico a doppia frequenza configurato per la ricezione della rete GNSS della NetGEO. Com'è noto, con le Reti di stazioni permanenti è possibile rilevare con alta precisione e rapidamente i punti topografici, infatti il ricevitore Hiper-HR ha una precisione di 3 mm + 0.1 ppm in altezza e 3.5 mm + 0.4 ppm in verticale.

La metodologia per il rilievo georeferenziale, basata sulle stazioni permanenti GNSS (Global Navigation Satellite System) della NetGeo, è in grado di realizzare un'infrastruttura geodetica e fornire un servizio di correzione differenziale dei dati acquisiti tale da consentire, agli utenti, il raggiungimento di un'accuratezza del dato di "posizione" su scala millimetrica, in tempo reale.

4.3 **Restituzione dei dati**

Per l'elaborazione dei dati di campagna è stato utilizzato il software Meridiana 2016 nel sistema di riferimento WGS84-UTM fuso 33. In seguito il file è stato esportato nel formato .dwg di Autocad ed unito a una base cartografica georeferita nello stesso sistema di riferimento del rilievo topografico.

Di seguito si riportano delle tabelle riepilogative delle coordinate delle indagini:

3. Tabelle coordinate indagini

<u>INDAGINE SISMICA</u>	X-LATITUDINE NORD	Y-LONGITUDINE EST	QUOTA (m)
MASW01-RE.MI.01			
GEOFONO 01	4640162.5	579102.1	57
GEOFONO 24	4640172.9	579158.4	48
MASW06-RE.MI.06			
GEOFONO 01	4640030.8	585234.2	81
GEOFONO 24	4640143	585245	89
MASW07-RE.MI.07			
GEOFONO 01	4640128.7	585608.2	86
GEOFONO 24	4640102.4	585719.7	92
MASW08-RE.MI.08			
GEOFONO 01	4639979.2	586092.3	114
GEOFONO 24	4639914.9	586184.7	116
MASW09-RE.MI.09			
GEOFONO 01	4638958	587654.6	142
GEOFONO 24	4639002	587717.3	138
MASW10-RE.MI.010			
GEOFONO 01	4639448.1	590441.7	59
GEOFONO 24	4639397.9	590497.9	57
MASW11-RE.MI.011			
GEOFONO 01	4638431.1	591549.6	38
GEOFONO 24	4638397.5	591617.6	40
MASW12-RE.MI.12			
GEOFONO 01	4638419.9	592078.8	57
GEOFONO 24	4638414.9	592147.1	48
DOWN-HOLE S28			
	4639774.2	589210.7	68
DOWN-HOLE S13			
	4640165.59	582047.84	102

<u>SONDAGGI GEOGNOSTICI</u>	X-LATITUDINE NORD	Y-LONGITUDINE EST	QUOTA (m)
S5	4640688.4	579640.6	312
S10	4640467.4	580966.9	490
S13	4640165.5	582047.8	195
S14	4640039.1	582179.9	232
S21	4640114.8	585647.2	216
S25	4639362.9	587288.7	266
S28	4639775.6	589207.9	69
S32	4638368.8	591979	73
S34	4637346.5	594219.7	30

<u>SONDAGGI AMBIENTALI</u>	X-LATITUDINE NORD	Y-LONGITUDINE EST	QUOTA (m)
KML1	4639183	588254	107
KML2-PZ1	4640221	585096	77
KML3-PZ7	4637295	594149	29
KML4	4637456.03	593730.19	18
KML5-PZ5	4638708	591274	35
KML6-PZ3	4639657	588938	74
KML7-PZ4	4639502	590362	62
KML8	4639770	589206	68
KML9	4639018.1	587745.4	137
KML10	4639282	587174	194
KML11	4640109	585674	91
KML12-TOPSOIL	4639992	584613	130
KML13	4640594	580969	239
KML14	4640741	579599	305
KML15	4640167	579129	328
KML16	4636078.5	595032.2	56
KML17	4636641	594897	45
KML18	4636975	594692	37
KML19	4637612	593342	24
KML20	4637866	593100	54
KML21	4639098.8	590795.4	44
KML22	4639639	589735	73
KML23-TOPSOIL	4640006	583689	208
KML24	4640118.4	582040.9	103
KML25	4640155	585479	84