

Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia”

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

(nota AdB protocollo 0013159 del 21/11/2011)



Storia delle revisioni

00	10/10/2012	Prima emissione

Incarico	Elaborato	Verificato	Approvato
Arch. F.Zaccara	Dott. Geol. P.Lorenzo	G.Luzzi ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA F.Testa ING/CRE

m010CI-LG001-r02

Sommario

PREMESSA	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
RIFERIMENTI DI PROGETTO	4
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA PUGLIA	4
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
STRATIGRAFIA.	7
Unità tettonica della Daunia.	8
Depositi marini della Fossa Bradanica.....	8
Depositi continentali.....	9
TETTONICA	9
GEOMORFOLOGIA E STABILITÀ DEI VERSANTI	10
CARATTERI IDROGRAFICI	11
CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI AFFIORANTI.	11
INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
SONDAGGI MECCANICI ESEGUITI (ALLEGATO 1).....	12
PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO (ALLEGATO 2)	13
Caratteristiche geotecniche	15
SISMICA SUPERFICIALE (ALLEGATO 3)	16
Simica a rifrazione	16
Unità sismo-stratigrafiche e parametri elasto - meccanici.....	17
Categoria di suolo di fondazione.....	18
SISMICITÀ DELLA ZONA.	18
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE DEL TRACCIATO .	21
CRITERI PROGETTUALI DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	21
MODELLO GEOLITOLOGICO - GEOTECNICO.....	22
VERIFICHE DI STABILITÀ	24
CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLE AREE DI UBICAZIONE DEI SOSTEGNI.....	26
SOSTEGNI RICADENTI IN AREE A PERICOLOSITÀ ELEVATA (PG2)	27
SOSTEGNI RICADENTI IN AREE A PERICOLOSITÀ MEDIA E MODERATA (PG1)	30
CONCLUSIONI	31
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI ESSENZIALI	31

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 3 di 31

Premessa

La presente relazione è finalizzata a verificare le condizioni di sicurezza dell'area interessata dal tracciato del nuovo elettrodo 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia”, in Provincia di Foggia attraverso uno studio di compatibilità geologico – geotecnico, così come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia (protocollo 0013159 del 21/11/2011).

Tale studio si è reso necessario perché alcuni sostegni ricadono in aree a Pericolosità geomorfologica elevata (Pg2) e a Pericolosità geomorfologica media e moderata (Pg1), delimitate dall'Autorità di Bacino della Puglia.

Per la redazione di questo geologico si è fatto riferimento a quanto riportato nelle Norme di Tecniche di Attuazione del PAI (novembre 2005) dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Al fine di definire le caratteristiche geologiche dell'area interessata dall'attraversamento dell'opera sono state svolti studi e indagini sulla base delle seguenti disposizioni:

- L. 02/02/74 n. 64 e successive (norme tecniche per la costruzione in zone sismiche),
- D.M. 21/01/81 e successive (norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ecc.),
- Norme Tecniche per le Costruzioni: D.M. del 14/01/2008
- Norme di Tecniche di Attuazione del PAI (novembre 2005) dell'Autorità di Bacino della Puglia

In particolare, è stato eseguito il rilevamento geologico e geomorfologico, integrato dallo studio delle aerofoto dell'Istituto geografico Militare, di un'ampia zona circostante il tracciato per meglio comprendere i rapporti geometrici tra i terreni affioranti e l'evoluzione geomorfologica dei versanti.

I dati acquisiti con il rilevamento di superficie sono stati rappresentati in due elaborati grafici: la carta geolitologica e la carta geomorfologica. La prima fornisce indicazioni sulle caratteristiche litologiche e geometriche dei terreni affioranti e consente di acquisire informazioni sulle caratteristiche tecniche, permeabilità e grado di erodibilità dei terreni. La carta geomorfologica contiene le forme e i depositi connessi all'azione morfoevolutiva della gravità e delle acque superficiali. In particolare sono cartografati i fenomeni franosi e gli elementi geomorfologici fondamentali che strutturano il paesaggio.

Per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismiche dei terreni è stata eseguita una campagna d'indagini dirette e indirette. Gli elaborati e gli allegati prodotti sono i seguenti:

N° tavola	Elaborato	Scala
DEFR10017BASA00180_01	Carta geolitologica con ubicazione delle indagini	1: 10.000
DEFR10017BASA00180_02	Sezione geologica	1: 10.000
DEFR10017BASA00180_03	Carta geomorfologica	1: 10.000
DEFR10017BASA00180_04	Carta del Piano Stralcio AdB Puglia	1: 10.000
ALLEGATI		
REFR10017BASA00180 - Allegato 1	Sondaggi meccanici	
REFR10017BASA00180 - Allegato 2	Analisi di laboratorio geotecnico	
REFR10017BASA00180 - Allegato 3	Indagine geofisica	
REFR10017BASA00180 - Allegato 4	Verifiche di stabilità	

	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 4 di 31

Inquadramento geografico

L'elettrodotto in progetto si sviluppa interamente nella Regione Puglia, nei territori comunali di Roseto Valfortore, Biccari e Troia. Esso ha un andamento Est –Ovest, interessa il bacino idrografico del Fiume Fortore, nella zona circostante Roseto, ed il bacino del Torrente Vulgano, a valle dell'abitato di Biccari, ed il bacino del Torrente Celone, presso l'abitato di Troia.

Nel tratto occidentale, a nord – est di Roseto Valfortore, si sviluppa a quote più elevate, comprese tra 700 e 938 m s.l.m., in corrispondenza della “sella morfologica” di Crocilla; nel tratto intermedio tra Piano la Selva e l'abitato di Biccari interessa i rilievi collinari posti a quote comprese tra i 600 ed i 700 m; nel tratto orientale, dalla quota di 600 m degrada fino al fondovalle del Torrente Celone posto a quota di circa 360 m, per poi risalire sulla superficie sommitale di Monte Taverna, posta a 460 m s.l.m.

Riferimenti di progetto

L'elettrodotto sarà costituito da una palificazione a semplice e doppia terna armata con una terna di fasi ciascuna composta da un conduttore di energia e con una corda di guardia, fino al raggiungimento dei sostegni capolinea.

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Corrente nominale	550 A
Potenza nominale	143 MVA

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; mediamente in condizioni normali, si ritiene possa essere pari a circa 350 m.

Il conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm².

I sostegni saranno del tipo a semplice terna e doppia terna, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno. Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme.

Ciascun sostegno si può considerare composto dai piedi, dalla base, da un tronco e dalla testa, della quale fanno parte le mensole. I piedi del sostegno, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

Le serie 150 kV semplice e doppia terna sono composte da diversi tipi di sostegno, che variano a seconda delle prestazioni a cui possono resistere, disponibili in diverse altezze utili (nel caso in esame comprese fra 35,6 m a 48,05 m).

Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico della Puglia

Dalla sovrapposizione del tracciato dell'elettrodotto con il Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico della Puglia (Elaborato DEFR10017BASA00180_04) risulta che alcuni sostegni ricadono in aree vincolate del PAI. Nella tabella sottostante sono stati indicati i sostegni ricadenti nelle aree vincolate. L'Autorità di Bacino della Puglia ha delimitato, inoltre, anche aree a rischio idrogeologico (R1, R2, R3 e R4), che non sono aree di vincolo ma semplicemente delle aree di attenzione morfologica.

AREE DELIMITATE DALL’AUTORITA’ DI BACINO DELLA PUGLIA

AREE A VINCOLO (a pericolosità geomorfologica)	Art. Norme PAI A.d.B. Puglia	SOSTEGNI
AREE PG3 Pericolosità geomorfologica molto elevata	Art. 13	Assenti
AREE PG2 Pericolosità geomorfologica elevata	Art. 14	28 - 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
AREE PG1 Pericolosità geomorfologica media e moderata	Art. 15	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 25 - 26 - 27
AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO		
R4		ASSENTI
R3		ASSENTI
R2		ASSENTI
R1		ASSENTI

Per i sostegni ricadenti nelle aree PG2 e PG1 si farà riferimento alle Norme PAI del Piano di Bacino (Stralcio assetto idrogeologico - PAI) - Norme tecniche di attuazione con riferimento agli artt. 16, 17, 18, 19, 20 e 21. Il presente lavoro, pertanto sarà finalizzato a valutare le condizioni di sicurezza per le aree di ubicazione dei sostegni che ricadono in zone a **Pericolosità geomorfologica elevata** (Pg2) e **Pericolosità geomorfologica media e moderata** (Pg1) così come richiesto dall’art. 17 delle Norme PAI del Piano di Bacino - Norme tecniche di attuazione.

Inquadramento geomorfologico

L’area di studio si sviluppa in direzione est – ovest e ricopre una zona a ridosso di una fascia pedemontana, posta lungo le pendici dell’Appennino Dauno verso ovest, e le zona collinare del Tavoliere foggiano verso est. Nel primo caso le morfologie dominanti sono quelle di rilievi con versanti mediamente acclivi che vanno, nella zona occidentale situata presso la centrale di Roseto, da quote di circa 800 m fino a 938 m s.l.m., in corrispondenza della “sella morfologica” di Crocilla. Questa “sella morfologica” si riscontra lungo la dorsale montuosa ad andamento NW – SE che vede come vetta più elevata il rilievo di Monte Stillo posto a 1010 m, che rappresenta uno dei monti più alti della Puglia. Anche il versante posto a valle della sella Crocilla si presenta acclive. Vi affiorano i termini più antichi dei depositi marini (miocenici) con la formazione fliscoide prevalentemente lapidea riconducibile al Flysch di Faeto, in esposizione lungo i principali fossi o sui versanti con maggiore pendenza. In direzione verso est, alla base di versante acclive che emerge nettamente nel contesto paesaggistico della zona, si rinvencono rilievi collinari a quote comprese tra i 600 ed i 700 m. Questo versante rappresenta un gradino morfologico con dislivello di circa 300 m ed assume un andamento appenninico, in quanto si sviluppa in direzione NO – SE, e mette a contatto i terreni appenninici con quelli dei depositi pliocenici della fossa bradanica. Con questo contesto morfologico il tracciato si sviluppa sulle pendici settentrionale del Monte Cornacchia.

A sud – est di Biccari, laddove il tracciato devia verso sud, sono presenti le aree collinari che caratterizzano il margine occidentale del Tavoliere. Quest'unità morfologica delimita una vasta pianura che si estende da un confine all'altro della provincia foggiana ed è delimitata verso sud dalle alture della Murgia barese. La porzione più orientale di questa fascia collinare è rappresentata da ampie superfici suborizzontali delimitate da versanti che degradano dolcemente verso il fondovalle. Vi affiorano terreni più recenti, rappresentati da sabbie e conglomerati che generalmente si rinvengono sulle zone sommitali dei rilievi tabulari, e argille plio-pleistoceniche ben evidenti lungo i versanti e i principali fossi presenti nell'area di studio.

La fascia collinare interessata dal tracciato è caratterizzata da morfologie che degradano da ovest verso est e, nel caso del tracciato in questione, in direzione meridionale fino a raggiungere, nella zona a sud di Monte San Martino, prima i depositi alluvionali terrazzati e sub pianeggianti del Torrente Celano situati alla quota media di circa 400 m ed in seguito l'ampio fondovalle dello stesso corso d'acqua. I depositi alluvionali più antichi sono separati da quelli più recenti costituenti il fondovalle da una scarpata sub verticale. In destra orografica del corso d'acqua, si ritrovano i rilievi collinari del Tavoliere che, in questa zona, sono delimitati da versanti poco acclivi e sono caratterizzati da una sommità tabulare, come quella di Monte Taverna, su cui è la stazione di Troia S.E.

Inquadramento geologico

L'area interessata dalla realizzazione dell'elettrodotto ricade geologicamente a ridosso del margine esterno dell'Appennino Dauno e del margine orientale della Fossa Bradanica. I terreni affioranti sono costituiti da depositi terrigeni in facies di flysch che si sono formati dal Cretacico al Miocene, da sedimenti riferibili al ciclo sedimentario del Pliocene inferiore e medio e da terreni sciolti di età pleistocenica.

In base ai rapporti stratigrafici e strutturali le unità della catena vengono distinte in due Unità stratigrafico – strutturali fra loro tettonicamente sovrapposte, da ovest verso est: l'Unità del Fortore, e l'Unità della Daunia, quest'ultima rappresentata prevalentemente dal Flysch di Faeto, una formazione calcarenitico-argillosa che poggia stratigraficamente su un'unità argillosa riconducibile al Flysch Rosso. A est della catena affiorano depositi clastici più recenti di età compresa dal Pliocene al Pleistocene, riconducibili alla successione della Fossa Bradanica. Queste due zone danno luogo a paesaggi geologici differenti e assai variabili, ciascuno caratterizzato da particolari ambiti fisico - biologici e delimitato da confini geomorfologici ben definiti.

L'Appennino Dauno è situato nella zona di confine tra i territori campano e pugliese e rappresenta una parte del margine orientale della catena appenninica. Tale ambito è caratterizzato geologicamente da una serie di accavallamenti a vergenza adriatica, all'interno dei quali sono presenti più unità tettoniche accavallatesi verso Est dall'Oligocene al Pliocene, ed è costituito da rocce sedimentarie nelle quali prevalgono litofacies sia prevalentemente lapidee che prevalentemente argillose. E' caratterizzato da una serie di dorsali collinari subparallele allungate in direzione NO-SE, separate da valli profondamente incise da corsi d'acqua a carattere torrentizio. Nelle aree di affioramento dei terreni prevalentemente argillosi è maggiormente diffusa la presenza di frane e/o movimenti gravitativi superficiali.

Il Tavoliere delle Puglie è costituito da depositi terrigeni sciolti di età plio-pleistocenica e rappresenta la seconda più vasta pianura dell'Italia peninsulare. Paleogeograficamente costituiva una depressione allungata da NO a SE, compresa fra le Murge e gli Appennini, colmata da depositi clastici prevalentemente argillosi al di sopra di una potente serie carbonatica di età mesozoica costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie. L'ampio ed esteso bacino di sedimentazione si è formato nel Pliocene durante le ultime fasi dell'orogenesi appenninica, in seguito alla subsidenza del margine interno

dell'Avampaese Apulo. E' stato colmato durante tutto il Pliocene, nella porzione depocentrale, da sedimenti prevalentemente argillosi per uno spessore superiore ai 2000 metri. La sedimentazione ha avuto termine alla fine del Pleistocene con l'emersione dell'intera area di fossa. Lungo i bordi del bacino si sono depositati, sul lato appenninico, depositi costieri conglomeratico - arenacei mentre sul lato orientale depositi costieri carbonatici. Nel primo caso i terreni sono rappresentati dalle argille grigio azzurre della Formazione delle Argille subappennine, mentre negli altri due casi si tratta di sabbie e conglomerati sul bordo occidentale e prevalentemente calcareniti su quello orientale.

Il Tavoliere nella zona a nord del Torrente Cervaro è caratterizzato da un paesaggio di tipo collinare con rilievi che non superano l'altitudine di 350 m. In direzione della città di Foggia, si ha una serie di rilievi tabulari variamente estesi e interrotti da scarpate ben definite alla cui base si riscontrano ampie ed estese vallate caratterizzate da versanti terrazzati.

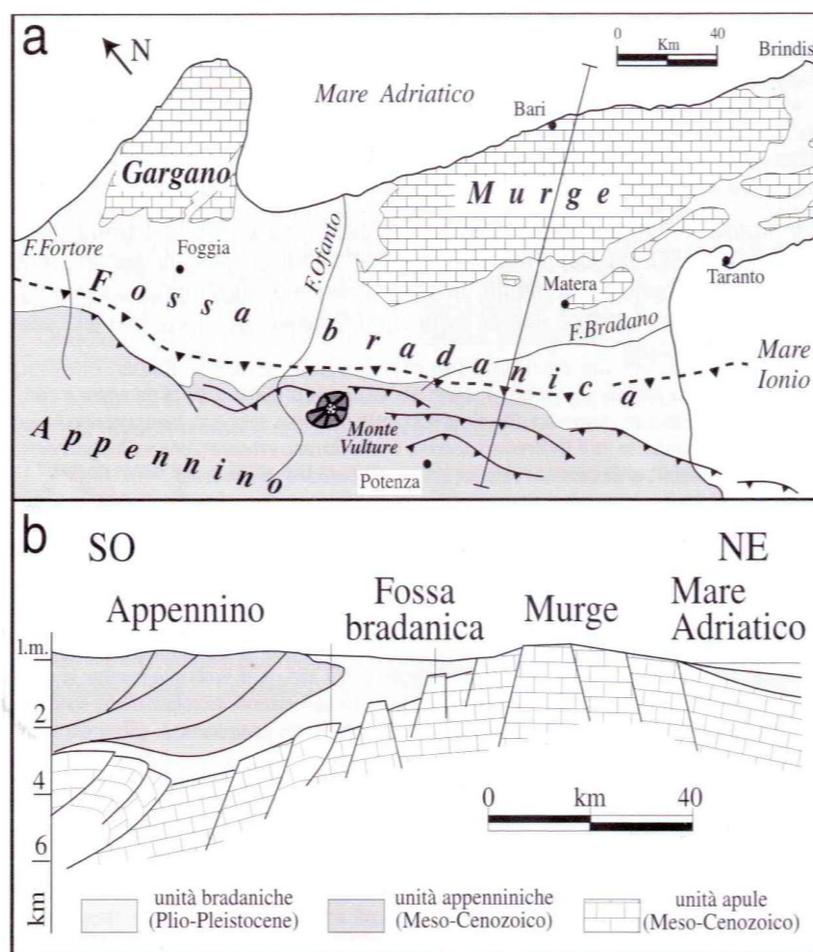


fig.12 -a) Carta geologica schematica della Fossa Bradanica e delle aree limitrofe.

b) Sezione schematica orientata in senso trasversale allo sviluppo della Fossa bradanica risultante dal complesso dei dati di superficie e di profondità. Le due linee verticali mettono in evidenza il diverso spessore delle successioni di catena e di avampaese, oltre al diverso tipo di terreni attraversati.

Figura 1: Carta geologica schematica della Fossa Bradanica, (Tropeano, et alii)

Stratigrafia.

I terreni interessati dall'elettrodotto possono essere raggruppati in diverse formazioni geologiche, riconducibili essenzialmente all'Unità della Daunia, ai depositi del Tavoliere delle Puglie ed ai depositi

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 8 di 31

continentali. I primi sono rappresentati dalle formazioni fliscioidi appenninici, i secondi dalla successione stratigrafica plio – pleistocenica appartenente al Bacino della Fossa Bradanica e quelli continentali quaternari rappresentati prevalentemente da depositi alluvionali, da deposito di versante ed accumuli di frana.

I terreni affioranti sono stati cartografati nell'allegata carta geolitologica che è stata elaborata sia sulla base di materiale di bibliografia esistente e sia mediante il rilevamento diretto sul terreno, integrato dalla foto interpretazione, ed è stata estesa ad un'ampia zona circostante le aree direttamente interessate dal tracciato. Per la sua redazione, è stato consultato il foglio “163 – Lucera” della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 redatta negli anni '60 e 70, la carta Idrogeomorfologica dell'A.d.B. Puglia, le nuove carte geologiche in scala 1:50.000 relative alle aree circostanti e diverse pubblicazioni scientifiche, tra le quali la “Carta geologica del settore orientale dei Monti del Sannio (Matano e Pinto, 2000) che comprende anche la parte dell'area in esame situata presso l'abitato di Roseto Valfortore. Rappresenta l'elaborato base del tematismo geologico rispetto a qualsiasi tipo di disciplina a cui le scienze della terra concorrono. Contiene le informazioni necessarie per definire la litologia, i rapporti geometrici, le caratteristiche tecniche, i movimenti tettonici, ecc. dei terreni affioranti.

I terreni affioranti nell'area rilevata, dal basso verso l'alto geometrico ed in base alle caratteristiche geolitologiche, possono essere così raggruppati:

Unità tettonica della Daunia.

E' rappresentata prevalentemente dal Flysch di Faeto (Langhiano - Serravalliano) che affiora estesamente nella porzione più occidentale dell'area di studio, caratterizzando gran parte dei rilievi del margine appenninico. Si tratta di un'unità torbiditica prevalentemente calcareo - marnosa con livelli o strati argillosi. Sono stati riconosciuti tre differenti membri: in basso e in alto prevale una componente pelitica, mentre la parte centrale è calcarea. Litologicamente si possono distinguere calcari, calcari marnosi, calcareniti a liste e noduli di selce e argille, argille scagliettate ed argilliti con colori che vanno dal verde chiaro al grigio, al biancastro. Sono presenti anche litotipi brecciosi e calciruditi intraformazionali. In particolare, sono state individuate e cartografate due litofacies: una prevalentemente lapidea – argilloso – marnosa e una litofacies in prevalenza argilloso – marnosa.

Depositi marini della Fossa Bradanica

I depositi bradanici affioranti sul margine occidentale della Fossa Bradanica sono caratterizzati da un intero ciclo sedimentario con una successione trasgressiva seguita verso l'alto da un'altra regressiva.

La fase trasgressiva inizia nel Pliocene con il deposito di un conglomerato direttamente sui terreni di margine appenninico. Si tratta di conglomerati poligenici e polidimensionali più o meno cementati con livelli sabbiosi di spessore variabile. I conglomerati passano verso l'alto, in continuità stratigrafica, a sabbie disposte in strati più o meno cementati con livelli conglomeratici e livelli argillosi. Questa successione stratigrafica conglomeratico – sabbiosa è rilevabile lungo la fascia pedemontana a diretto contatto con i terreni appenninici. Sempre in continuità stratigrafica, al di sopra delle sabbie, affiorano le Argille grigio azzurre, conosciute anche come Argille Subappennine e riferibili al Pleistocene. Queste argille rappresentano, nell'ambito della successione bradanica, il termine che ha maggiormente contribuito al colmamento della Fossa Bradanica. La maggior parte di quest'unità è formata da argille e argille marnose azzurre con sottili intercalazioni siltose e sabbiose fini. Nella parte alta, in corrispondenza del passaggio con sovrastanti successioni sabbiose, si osservano argille siltose con più numerose e più spesse intercalazioni sabbiose cementate, che determinano il passaggio graduale per alternanze alla formazione sovrastante.

Il tracciato dell'elettrodotto interessa essenzialmente le argille subappennine che affiorano abbondantemente nella parte orientale dell'area indagata, caratterizzando soprattutto le morfologie

 <small>TERN A G R O U P</small>	<p align="center">Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia”</p> <p align="center">Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica</p>	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 9 di 31

collinari e/o sub pianeggianti. Al di sopra delle Argille Subappennine si rileva la presenza di una successione di regressione, rappresentata nell'area di studio, nei pressi della stazione di Troia da un conglomerato poligenico e poldimensionale con frequenti livelli sabbiosi.

Depositi continentali

I depositi continentali rilevati nell'area di studio sono rappresentati prevalentemente da sedimenti alluvionali, da depositi di frana e da deposito di versante e coltri eluvio – colluviale.

I sedimenti alluvionali sono presenti sia come depositi recenti e attuali. Costituiscono il fondovalle del Torrente Celone e, inoltre, si rinvergono, lungo gli altri corsi d'acqua principali della zona.

Nel primo caso si tratta di sedimenti prevalentemente ghiaioso - ciottolosi in abbondante matrice sabbioso – argillosa. Gli elementi conglomeratici sono di natura calcarea e arenacea e di dimensioni variabili dai pochi centimetri al decimetro. Alcuni depositi alluvionali terrazzati si rilevano in affioramenti in sinistra orografica del Torrente Celone. Sono caratterizzati da ciottoli ben arrotondati immersi in una matrice sabbiosa. Gli elementi ciottolosi, di dimensioni variabili intorno al centimetro, sono di natura prevalentemente calcarea e arenacea. Morfologicamente si presentano come superfici sub pianeggianti bordate da scarpate di altezza variabile intorno ad alcuni metri.

I depositi di frana sono presenti soprattutto sui versanti appenninici, nelle aree di affioramento dell'Unità della Daunia ed in particolare laddove prevale la componente argilloso –marnosa. Sono caratterizzati da terreni privi di coesione, destrutturati e con struttura caotica. La loro litologia è funzione della natura del substrato coinvolto nel dissesto; in gran parte prevalgono terreni argillosi con isolati elementi lapidei di varie dimensioni. Il loro spessore è funzione sia della pendenza del versante, sia della tipologia del dissesto che dei terreni coinvolti.

I depositi di versante si riscontrano su tutti i pendii presenti nell'area indagata. Si sono formati a seguito di processi di erosione e/o alterazione del substrato; pertanto la loro natura litologica dipende da quella del substrato. Si presentano in gran parte come detriti sabbioso - argillosi in matrice argillosa con frequenti elementi lapidei eterometrici. Lo spessore del detrito varia, in funzione della pendenza dei versanti, dai pochi decimetri ad alcuni metri.

Tettonica

Nell'area di studio si distinguono due zone a caratteri tettonici differenti. La zona orientale, coincidente con il bacino della Fossa Bradanica, presenta un assetto tettonico tranquillo con i sedimenti plio-pleistocenici a formare una monoclinale inclinata verso NNO-SSE di pochi gradi. La zona occidentale, coincidente con il margine esterno dell'Appennino, al contrario, è caratterizzata da una tettonica disturbata, interessata da un sistema di faglie inverse e da uno di faglie normali, entrambi orientate NNO-SSE.

Sulla tettonica della Fossa Bradanica molti dati sono stati ricavati negli anni cinquanta, quando alcuni autori hanno messo in evidenza la presenza di faglie longitudinali di direzione appenninica. Successivamente, sulla base d'indagini gravimetriche, sismiche e di dati di geologia di sottosuolo, è stata rilevata la presenza, oltre che di faglie normali di direzione appenninica, anche di faglie trasversali che in combinazioni con le prime hanno dato luogo a Horst e Graben. Più recentemente sono state rilevate faglie di superficie, soprattutto alla sommità dei rilievi, in corrispondenza dell'affioramento dei depositi regressivi pleistocenici, dove i loro rigetti risultano di pochi metri.

 <small>TERN A G R O U P</small>	<p style="text-align: center;">Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia”</p> <p style="text-align: center;">Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica</p>	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 10 di 31

Geomorfologia e stabilità dei versanti

I rilievi morfologici, condotti tramite aerofotointerpretazione e rilevamenti di campagna, hanno consentito di redigere la carta geomorfologica in cui sono stati individuati tutti gli elementi puntuali o lineari e tutti gli ambiti presenti sul territorio che, oltre ad avere una peculiarità propria e marcata di tipo geomorfologico, costituiscono le forme che caratterizzano e concorrono in modo determinante alla strutturazione ed alla individuazione delle componenti del paesaggio. Il rilievo geomorfologico eseguito è stato confrontato con la carta delle frane dell'IFFI e con la Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (Foglio 420 “Troia”). Tra le forme strutturali, sono stati cartografati sia i crinale-spartiacque principali, quelli che separano i bacini idrografici dei tre principali corsi d'acqua presenti in zona, e sia alcuni crinali secondari che separano i sottobacini. Sono state individuate le selle morfologiche e le vette dei principali rilievi. Sono state delimitate le superfici sommitali, caratterizzate da una morfologia poco acclive, che si rinvengono in corrispondenza delle aree di cresta dei rilievi.

Sono state individuate le forme di versante dovute alla gravità. In particolare, i fenomeni franosi sono stati distinti, in base allo stato di attività, in frane attive (con indizi di evoluzione), frane quiescenti (prive di indizi di evoluzione) ed in fenomeni inattivi o naturalmente stabilizzati, nel senso che l'agente morfogenetico che ha provocato il dissesto ha esaurito la propria attività.

La Frana attiva (con indizi di evoluzione) si è mobilitata nelle attuali condizioni morfologiche e climatiche ed è sede di movimenti in atto o di movimenti avvenuti negli ultimi cicli stagionali in corrispondenza della nicchia di distacco e/o nel cumulo di frana. Presenta una zona di distacco e una di accumulo; il corpo di frana è caratterizzato da una morfologia ondulata. In occasione di piogge intense e persistenti si può verificare la ripresa e/o l'accelerazione del movimento. Generalmente si tratta di frane miste: nella parte alta sono rotazionali; a luoghi, nel corpo di frana, s'innescano altri scoscendimenti secondari che si sovrappongono e, in corrispondenza delle incisioni, danno luogo a delle vere e proprie colate. La frana quiescente (prive d'indizi di evoluzione) si è verificata in condizioni morfologiche e climatiche e sono caratterizzate da un apparente stato di stabilità complessiva, con deformazioni limitate e localizzate. Gli interventi antropici sbagliati possono innescare movimenti o deformazioni anche significativi. Generalmente, in esse è ben riconoscibile la zona di distacco che è caratterizzata da pendenze elevate, e la zona del cumulo poco acclive. Di solito i cumuli sono interessati da movimenti franosi recenti e superficiali, il versante lungo il quale è avvenuto il distacco si è evoluto per frane recenti di modeste dimensioni. L'attuale apparente stabilità può essere minacciata da variazioni morfologiche e climatiche e/o dagli scuotimenti sismici; si possono verificare quindi complete e/o parziali rimobilizzazioni.

Le frane inattive si presentano con una morfologia molto degradata: la zona di alimentazione è di difficile identificazione, la zona di accumulo può anche mancare perché ormai morfologicamente cancellata dall'attività erosiva o dall'attività antropica; in riferimento al tipo di movimento prevalente come frane per scorrimento rotazionale o traslativo, come frane per colamento o come frane da crollo. In ognuno dei movimenti franosi, laddove è stato possibile, sono state cartografate la nicchia di distacco principale e le secondarie, il materiale franato o spostato, la direzione principale del movimento e la zona di accumulo. Sono stati cartografati, inoltre, gli orli delle scarpate di degradazione e le aree dissestate da fenomeni di creep; si tratta un movimento lento o estremamente lento che da luogo a tipiche ondulazioni della superficie topografica ed interessa i materiali detritico-colluviali e/o la porzione alterata del substrato. I movimenti nella massa soggetta a creep non avvengono contemporaneamente e con la stessa velocità. Si tratta di fenomeni di creeping e soliflusso che talvolta interessano anche la copertura detritica dei versanti rocciosi molto acclivi.

Sono state cartografate le forme fluviali e le forme dovute al dilavamento. Tra queste sono stati individuati i corsi d'acqua in approfondimento, gli orli di scarpata di erosione fluviale. I corsi d'acqua in approfondimento comprendono le aste torrentizie che, attraversando terreni prevalentemente argillosi

 <small>TERNA GROUP</small>	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 11 di 31

situati su versanti acclivi, in occasione di piogge intense e persistenti con la loro azione erosiva provocano l'approfondimento dell'alveo e l'arretramento degli argini, e accelerano così i fenomeni di dissesto presenti sui versanti che li delimitano.

Movimenti franosi particolarmente diffusi sono situati nel bacino idrografico Rattapone, in quanto in questa zona tra i terreni affioranti prevale la componente argillosa, e si tratta essenzialmente di frane per colamento, talvolta particolarmente estese; un'altra area, in cui sono stati rilevati numerosi fenomeni sia attivi, che quiescenti ed anche inattivi, si trova nella zona meridionale dell'abitato di Biccari.

Nella zona orientale del tracciato, laddove si sviluppa sulle aree collinari che caratterizzano il margine occidentale del Tavoliere non si riscontrano molti fenomeni franosi.

Caratteri idrografici

L'area di studio ricade a cavallo di tre distinti bacini idrografici: quello del Fiume Fortore, che comprende la porzione del tracciato situato nella zona occidentale, tra la stazione di Roseto e la “sella morfologica” Crocilla, il bacino del Torrente Vulgano, che include la parte del tracciato che si sviluppa nella zona meridionale dell'abitato di Biccari, ed il bacino del Torrente Celone, nel tratto meridionale, fino alla stazione di Troia S.E. Il crinale spartiacque tra quest'ultimi bacini idrografici comprende Serra Lipillo e lambisce il tracciato in corrispondenza del sostegno n. 17.

Il Fiume Fortore riceve le acque del Canale Nuci Cagnazzo e del canale Scardaloni, che hanno origine a valle della stazione di Roseto, e sfocia nel Mar Adriatico, presso il Lago Lesina, nella zona settentrionale del Gargano. Gli altri due corsi d'acqua prima citati presentano un andamento generale sud ovest – nord est e sfociano entrambi, dopo aver attraversato il Tavoliere, nel Mare Adriatico nei pressi di Manfredonia, nella zona meridionale del Gargano.

Nella zona circostante il tracciato dell'elettrodotto, il reticolo idrografico evidenziato dipende dalla permeabilità dei terreni affioranti e dalle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati. In corrispondenza degli spartiacque e laddove la componente lapidea è prevalente le incisioni sono appena accennate, diventano più incassate e, in occasione di piogge intense e persistenti, laddove i terreni argillosi sono più abbondanti, provocano l'approfondimento dell'alveo e l'erosione delle sponde. In particolare, nella zona meridionale dell'abitato di Biccari, laddove i terreni argillosi sono prevalenti, scalzano al piede i versanti e riattivano o accelerano i fenomeni franosi presenti sui versanti che li delimitano. Quasi tutte le incisioni che attraversano il tracciato sono incassate nel substrato o hanno depositi trascurabili ad eccezione del fondovalle del Torrente Celone, formato dai depositi recenti e attuali dello stesso corso d'acqua. Questo torrente, in relazione al tracciato in questione, rappresenta il corso d'acqua principale, nasce dall'Appennino Dauno dove assume un andamento quasi rettilineo, attraversando valli ampie con versanti poco inclinati. Al passaggio all'area collinare del Tavoliere il suo andamento è prevalentemente meandriforme con meandri di varie dimensioni che interrompono il paesaggio monotono della pianura foggiana.

Caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti.

I terreni affioranti nella zona circostante il tracciato dell'elettrodotto, in base al grado di permeabilità relativa e all'assetto stratigrafico - strutturale, sono ascrivibili ai seguenti complessi idrogeologici:

Complesso detritico: appartengono a quest'unità i depositi di versante e il detrito di frana. Tali terreni sono caratterizzati da permeabilità per porosità, esistono, cioè piccoli meati intercomunicanti tra di loro e con l'esterno determinati dalla natura stessa dei materiali. La permeabilità per porosità è generalmente

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 12 di 31

elevata in presenza di termini grossolani prevalenti; tende ad abbassarsi in relazione all'aumentare della componente fine. Generalmente sono sede di falde acquifere superficiali e di modesta entità. La vulnerabilità è media.

Complesso alluvionale e conglomeratico - sabbioso: è presente sia come depositi recenti e attuali che come depositi antichi terrazzati. Nel primo caso si tratta di sedimenti prevalentemente ghiaioso - ciottolosi in abbondante matrice sabbioso - argillosa. Gli elementi conglomeratici sono di natura calcarea e arenacea e di dimensioni variabili dai pochi centimetri al decimetro. Sono depositi che caratterizzano soprattutto la piana alluvionale del Torrente Celone. Sono molto permeabili per porosità e generalmente, soprattutto i depositi di fondovalle, sono sede di una falda acquifera superficiale ad alta vulnerabilità.

- Complesso prevalentemente argilloso o argilloso – marnoso: comprende principalmente gli affioramenti delle argille marnose dell'Unità della Fossa Bradanica o terreni più antichi prevalentemente argillosi. La loro permeabilità è bassa o nulla e possono contenere una scarsissima circolazione idrica sono nella porzione superficiale alterata che viene tamponata alla base dalle argille integre. La vulnerabilità è bassa.

- Complesso lapideo – marnoso – argilloso: si tratta di una sequenza a carattere fliscioide, costituita da evidenti eterogeneità litologiche, comprendendo prevalentemente rocce di tipo lapideo con intercalazioni di tipo coesivo. La permeabilità è generalmente bassa; un certo grado di permeabilità per fessurazione risulta localizzata nei livelli lapidei e può dar luogo a sorgenti generalmente di portata limitata. La vulnerabilità varia da bassa a media in relazione alla componente lapidea.

Nella carta geolitologica sono state cartografate anche le principali sorgenti presenti nell'area rilevata che si riscontrano prevalentemente laddove affiora il complesso lapideo – marnoso – argilloso.

Indagini geognostiche

Al fine di

- ricostruire il modello geolitologico del sottosuolo bei due differenti domini geolitologici, con individuazione dello spessore della copertura detritica e quindi la profondità del substrato
- ricostruire le geometrie dei vari livelli litologici presenti
- ricostruire l'andamento dell'eventuale falda acquifera
- ottenere la caratterizzazione sismica del sito come previsto dalle Norme Tecniche del 14/01/2008
- ottenere la caratterizzazione geotecnica dei terreni necessaria sia per le verifiche di stabilità

sono state eseguite sia indagini dirette che indirette. Le prime sono consistite in 2 sondaggi meccanici con prelievo di 4 campioni analizzati in laboratorio geotecnico; le seconde in 4 sismiche a rifrazione in onde P e in 4 MASW.

Sondaggi meccanici eseguiti (Allegato 1)

Sono stati programmati e realizzati 3 sondaggi meccanici a rotazione, ubicati in corrispondenza dei principali affioramenti presenti lungo il tracciato. Il sondaggio P1 è stato terebrato sui terreni sabbiosi e argillosi della successione pliocenica bradanica, il sondaggio P2 e P3 in corrispondenza dell'affioramento della successione fliscioide del Flysch di Faeto. L'ubicazione dei tre sondaggi è stata individuata anche considerando lo sviluppo del tracciato e le aree a maggiore pericolosità geologica.

I sondaggi sono stati eseguiti nel mese di settembre 2012. Le stratigrafie ricavate e la documentazione fotografica sono riportate nell'Allegato 1

La profondità investigata è di 15 metri. In ogni sondaggio sono stati prelevati a varie profondità alcuni campioni indisturbati necessari per caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni attraversati dalle perforazioni.

Il sondaggio P1, ubicato al limite in un'area Pg1, a quota di 450 m, su un versante a monte della Strada Provinciale (SP133) che collega gli abitati di Biccari con Castelluccio Valmaggiore. La stratigrafia ha evidenziato la presenza di un deposito detritico superficiale di circa 1.10 metri, al di sotto del quale è stato rinvenuto, fino alla profondità di 6.50 m dal p.c., una successione prevalentemente sabbiosa con frequenti livelli centimetrici di argilla grigio azzurra; questi ultimi aumentano di frequenza verso il basso fino a diventare dominanti sulle sabbie. Segue, fino a fondo foro, un livello di argilla grigio azzurra.

In questo sondaggio sono stati prelevati 2 campioni indisturbati alle profondità di 4.00 metri e 9.00 metri, rispettivamente nel livello più sabbioso e in quello prettamente argilloso. Questa descrizione stratigrafica è rappresentativa della successione stratigrafica dei depositi pliocenici .

Il sondaggio **P2** è ubicato lungo la strada comunale “Corvellaro”, alla quota di circa 550 m s.l.m. Ha raggiunto una profondità di 15 metri dal piano campagna. Nella stratigrafia è stato individuato un detrito sabbioso per più di 5 metri, seguito, per 1 metro da un livello lapideo composto di calcilutiti biancastri. Seguono, fino a circa 11.50, delle argille scagliose verdastre con frequenti livelli lapidei centimetrici calcilutitici, marnosi e arenacei. A questa profondità per circa 1,5 metri è presente nuovamente un livello lapideo calcilutitico, cui segue, fino a fondo foro, nuovamente la successione prevalentemente argillosa con livelli lapidei centimetrici. La presenza dell'alternanza di livelli argillosi e lapidei non ha consentito di prelevare campioni all'interno del substrato fliscioide. E' stato prelevato un solo campione all'interno del livello detritico alla profondità di 4.0 m. Questa descrizione stratigrafica è rappresentativa della successione stratigrafica del Flysch di Faeto.

Il sondaggio **P3** è stato eseguito lungo la strada provinciale SP 129 che collega l'abitato di Biccari con quello di Roseto Valfortore. La stratigrafia ha evidenziato la presenza di un deposito detritico superficiale di circa 1.70 metri, al di sotto del quale è stato rinvenuto, fino alla profondità di 3.00 m dal p.c., una successione di argille scagliose con frequenti livelli calcarenitici. Segue, per circa 1.30 m, una successione lapidea composta da calcareniti biancastre. Fino a 10 m circa è presente una successione prevalentemente argillosa con argille scagliose di colore variabile dal verde al grigio. A 10 m di profondità, per circa 1,5 m, è presente un livello prevalentemente lapideo, distinto in strati calcarenitici e marnosi, con livelli di argilla scagliosa verdastra. Segue fino a fondo foro un'argilla scagliosa di colore verdastra. In questo sondaggio sono stati prelevati 2 campioni indisturbati alle profondità di 4.50 metri e 9.00 metri, entrambi nella successione di argilla scagliosa. Questa descrizione stratigrafica è rappresentativa della successione stratigrafica del Flysch di Faeto.

Prove di laboratorio geotecnico (Allegato 2)

Le litologie individuate attraverso la lettura delle stratigrafie dei sondaggi meccanici possono raggrupparsi nelle seguenti successioni:

- (AS) Argille scagliose (livello prevalentemente argilloso del Flysch di Faeto)
- (LA) Limo argilloso (livello limoso e argilloso della successione di regressione marina pliocenica)

Su tutti i campioni prelevati sono state determinate, tramite analisi di laboratorio, le principali proprietà indici, le caratteristiche granulometriche e di resistenza al taglio.

I campioni prelevati nei sondaggi realizzati nell'area in esame sono:

- C1 – P1, prelevato alla profondità di 4.00 m dal piano campagna, all'interno di un livello sabbioso – limoso della successione limoso argillosa pliocenica (LA)
- C2 – P1, prelevato alla profondità di 9.00 m dal piano campagna, all'interno delle argille grigio azzurre plioceniche (LA)

- C1 – P2, prelevato alla profondità di 4.00 m dal piano campagna, all'interno di un detrito limoso - sabbioso
- C1 – P3, prelevato alla profondità di 4.50 m dal piano campagna, all'interno di un livello di argilla scagliosa (AS).
- C2 – P3, prelevato alla profondità di 9.00 m dal piano campagna, all'interno di un livello di argilla scagliosa (AS).

Le analisi di laboratorio su tutti i campioni sono state eseguite dal laboratorio Geotest S.a.s. di Melfi (Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti). Tutti i campioni analizzati sono rientrati nella classe dei campioni (AGI) Q5. Su tutti sono state eseguite le analisi granulometriche e le prove per la definizione delle caratteristiche fisiche.

I risultati delle prove geotecniche di laboratorio sono riportati nell'Allegato 2.

Il campione C1–P1 è classificabile in base alle analisi granulometriche come un'argilla con limo. La frazione argillosa del campione appartiene, in base alla carta di plasticità di Casagrande, alla classe delle argille inorganiche di media compressibilità. La prova di taglio diretto consolidata e drenata eseguita sul campione indisturbato, ha verificato le scadenti caratteristiche di resistenza. Il valore di coesione è risultato pari a 40,0 KPa mentre l'angolo d'attrito pari a 15,5°. Il valore di angolo d'attrito residuo è risultato pari a 13,2°.

Il campione C2– P1 è un limo con argilla con una bassa percentuale di sabbia. La frazione argillosa si pone, nella carta di plasticità di Casagrande, nel campo delle argille inorganiche a media compressibilità. Con il taglio diretto consolidato drenato è stato individuato un valore di coesione pari a 48.5 kPa e un angolo d'attrito di 17.5°.

Il campione C1–P2 è un'argilla limosa debolmente sabbiosa. Questi terreni sono classificati, in base alla carta di plasticità di Casagrande, come limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità. La prova di taglio diretto consolidata e drenata eseguita sul campione indisturbato ha verificato le scadenti caratteristiche di resistenza: il valore di coesione è risultato pari a 17,5 KPa mentre l'angolo d'attrito pari a 15,0°.

Il campione C1–P3 è classificato come un'argilla limosa debolmente sabbiosa. La frazione argillosa del campione appartiene alla classe dei limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità. Il valore di coesione e di angolo di attrito ottenuto attraverso una prova di taglio diretto CD sono pari rispettivamente a 21.5 kPa e 22°.

Il campione C2– P3 è un'argilla debolmente sabbiosa con limo. La frazione argillosa si pone, nella carta di plasticità di Casagrande, nel campo dei limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità. Con il taglio diretto consolidato drenato è stato individuato un valore di coesione pari a 23.7 kPa e un angolo d'attrito di 17.5°.

Nelle tabelle sottostanti si riportano i principali risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui 5 campioni.

campioni	descrizione litologica	Classe litologica di appartenenza	Wn (%)	γ_v (Kn/m ³)	γ_{sat} (Kn/m ³)	γ_K	Sr (%)
C1 P1	Argilla con limo	LA - Argilla pliocenica	19.0	19.7	20.3	2.73	84
C2 P1	Argilla	LA - Argilla pliocenic	17.6	20.3	20.7	2.72	88
C1 P2	Argilla limosa debolmente sabbiosa	DETRITO	33.6	17.2	17.9	2.72	85
C1 P3	Argilla limosa debolmente sabbiosa	AS - Argilla Flysch di Faeto	33.0	17.8	18.3	2.72	90
C2 P3	Argilla debolmente sabbiosa	AS - Argilla Flysch di Faeto	31.2	18.0	18.5	2.72	90

campioni	classe litologica	granulometria				limiti				tg cd		
		Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL	LP	IP	lc	c' KPa	ϕ'	ϕ_r
C1 P1	LA	0.0	1.8	44.3	53.9	46.1	22.5	23.6	1.15	40.5	15.5	13.2
C2 P1	LA	0.2	3.9	48.0	47.9	41.6	20.7	20.9	1.15	48.5	17.5	
C1 P2	DET	3.0	8.8	18.8	69.4	75.2	39.0	36.2	1.15	17.5	15.0	
C1 P3	AS	4.5	7.4	10.5	77.6	64.6	35.5	29.1	1.09	21.5	22.0	
C2 P3	AS	0.0	5.6	29.9	64.5	76.9	39.5	37.4	1.22	23.7	17.5	

Caratteristiche geotecniche

Nelle tabelle seguente vengono riportate le caratteristiche geotecniche, distinte per classi litologiche, ottenute dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati nei sondaggi eseguiti. In assenza, per ogni classe litologica, di un numero sufficiente di campioni per calcolare tramite analisi statistica i valori caratteristici, e considerato che le prove di laboratorio hanno fornito dati grossomodo uniformi, i parametri geotecnici rappresentativi delle tre classi litologiche sono stati individuati considerando quelli medi.

Valori geotecnici RAGGRUPPATI PER CLASSI LITOLOGICHE										Taglio diretto CD		
	W	γ_v	γ_{sat}	γ_s	Sr	LL	LP	IP	lc	c'	ϕ'	ϕ_r
Litologia		KN/m ³	KN/m ³		%	%	%	%		KPa		
(AS) Argilla del Flysch di Faeto												
C1 P3	33.0	17.8	18.3	2.72	90	64.6	35.5	29.1	1.09	21.5	22.0	
C2 P3	31.2	18.0	18.5	2.72	90	76.9	39.5	37.4	1.22	23.7	17.5	
Valori medi	32,1	17,9	18,4	2,72	90	70,7	37,5	33,2	1,15	22,6	19,75	
(LA) Argilla pliocenica												
C1 P1	19.0	19.7	20.3	2.73	84	46.1	22.5	23.6	1.15	40.5	15.5	13.2
C2 P1	17.6	20.3	20.7	2.72	88	41.6	20.7	20.9	1.15	48.5	17.5	
Valori medi	18,3	20	20,5	2,725	86	43,8	21,6	22,2	1,15	44,5	16,5	13,2
Detrito												
C1 P2	33.6	17.2	17.9	2.72	85	75.2	39.0	36.2	1.15	17.5	15.0	
Valori medi	33.6	17.2	17.9	2.72	85	75.2	39.0	36.2	1.15	17.5	15.0	

Al fini della verifica analitica delle condizioni di stabilità dei versanti si è ritenuto di considerare i seguenti valori medi:

Principali parametri geotecnici rappresentativi				Taglio diretto CD		
	γ	γ_{sat}		c'	ϕ'	ϕ_r
Litologia	KN/m ³	KN/m ³		KPa	°	°

Argille del Flysch di Faeto	17.9	18.4	22.6	19.75	
Argille e limo (Pliocene)	20	20.5	44.5	16.5	13.2
Detrito	17.2	17.9	17.5	15	

Sismica superficiale (Allegato 3)

La campagna geognostica a carattere geofisico finalizzata alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti nell'ara di studio, è consistita in 4 Base Sismica a Rifrazione di Superficie e in 4 Masw. Queste indagini sono state ubicate lungo il tracciato dell'elettrodotto, nelle aree a maggiore pericolosità geologica. La descrizione di queste indagini e le loro interpretazioni sono allegate alla presente relazione. A seguire si riportano in sintesi principali risultati ottenuti.

Simica a rifrazione

Le sismiche a rifrazioni eseguite hanno consentito di ricostruire le sezioni sismo - stratigrafiche in corrispondenza dei 4 stendimenti.

Nella **base sismica 1**, ubicata in prossimità del sostegno n. 16, sono stati individuati tre distinti sismo strati:

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 5,30 - 6,70 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 556 m/s. Questo livello lento corrisponde alla copertura detritica superficiale e al livello alterato del substrato pliocenico
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1136 m/s con base a profondità variabile tra 13,10 - 14,10 m. Si tratta di terreni di discreta rigidità sismica riferibili a sedimenti sabbioso - argillosi della successione pliocenica.
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 2554 m/s corrispondente a terreni di buona rigidità sismica riferibile alle argille azzurre della successione pliocenica.

Nella **base sismica 2**, ubicata fra i sostegni dell'elettrodotto 24 e 25, sono stati individuati tre distinti sismostrati:

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 1,90 - 3,70 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 450 m/s, corrispondente ai depositi detritici
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1016 m/s e base posta a profondità variabile tra 5,30 - 8,90 m, corrispondente ai livelli più superficiale e alterati del substrato fliscioide
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1677 m/s. Si tratta di sedimenti argillosi con livelli lapidei.

Nella **base sismica 3**, eseguita in corrispondenza fra i sostegni 34 e 35, sono stati individuati quattro sismostrati:

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 2,10 - 2,70 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 391 m/s, corrispondente al livello detritico
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 895 m/s e base posta a profondità variabile tra 4,70 - 7,20 m. Si tratta di terreni corrispondenti ai livelli più superficiale e alterati del substrato fliscioide
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1617 m/s e base posta a profondità variabile tra 15,20 - 19,50 m. Si tratta di sedimenti argillosi con livelli lapidei
- segue un quarto sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 2446 m/s. Corrisponde alla successione prevalentemente lapidea del Flysch di Faeto.

Nella **base sismica 4**, eseguita in prossimità del sostegno n. 42, sono stati individuati i seguenti sismostrati

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 0,40 - 2,30 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 478 m/s e litologicamente costituito da sedimenti detritici;
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 948 m/s con base a profondità variabile tra 2,60 - 7,30 m e corrispondente a un terreno di discreta rigidità sismica riferibili a sedimenti argillosi con livelli lapidei;
- il terzo sismostrato, è caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1973 m/s, rappresentativo di un livello di buona rigidità sismica riferibile a livelli lapidei.

Unità sismo-stratigrafiche e parametri elasto - meccanici

Le indagini sismiche hanno permesso di definire, per ogni stendimento, più unità sismo-stratigrafiche con differenti caratteristiche elastiche.

Si riportano a seguire le tabelle riassuntive con i principali parametri elasto – meccanici:

Base sismica 1

Sismostrato	V _P (m/s)	V _S (m/s)	ν	Go (MPa)	E _o (MPa)	E _s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	556	168	0,45	53	156	4,1	≈ 1,91
B	1136	274	0,47	146	430	20,1	≈ 1,95
C	2554	337	0,49	226	675	40,7	≈ 2,00

Base sismica 2

Sismostrato	V _P (m/s)	V _S (m/s)	ν	Go (MPa)	E _o (MPa)	E _s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	450	178	0,41	61	172	4,8	≈ 1,93
B	1016	265	0,46	138	405	18,3	≈ 1,97
C	1677	283	0,48	156	464	22,7	≈ 1,95
D	-	393	-	314	-	--	≈ 2,04

Base sismica 3

Sismostrato	V _P (m/s)	V _S (m/s)	ν	Go (MPa)	E _o (MPa)	E _s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	391	-	-	-	-	-	-
B	895	178	0,48	57	171	4,7	≈ 1,83
C	1617	221	0,49	90	269	9,7	≈ 1,85
D	2446	322	0,49	203	2118	34,3	≈ 1,96

Base sismica 4

Sismostrato	V _P (m/s)	V _S (m/s)	ν	Go (MPa)	E _o (MPa)	E _s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	478	107	0,47	20	61	0,9	≈ 1,82
B	948	309	0,44	192	555	29,9	≈ 2,02
C	1973	580	0,45	743	2160	249	≈ 2,21

Dove:

- V_p = Velocità delle onde di compressione,
- V_s = Velocità delle onde di taglio,
- ν = Coefficiente di Poisson,
- Go = modulo di deformazione di taglio,
- E_o = modulo elastico dinamico,
- E_s = modulo elastico statico,
- ρ = densità geofisica;

Categoria di suolo di fondazione

Ai fini della definizione per via semplificata dell'azione sismica di progetto (D.M. 14 gennaio 2008, cap. 3.2.2.), è stata stimata la categoria di sottosuolo di fondazione utilizzando i dati delle onde superficiali elaborati con tecnica MASW.

Per ogni stendimento sismico è stato possibile, pertanto, individuare i valori di Vs₃₀ applicando la seguente formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_i}} \text{ (m/s)}$$

Si riportano nella tabella sottostante i valori di Vs₃₀ individuati e le relative categorie di suolo distinte secondo il D.M. 14/01/2008:

Base sismica	Vs ₃₀ (m/s)	Categoria di sottosuolo (D.M. 14/01/2008)
Base sismica n. 1	265	C
Base sismica n. 2	267	C
Base sismica n. 3	235	C
Base sismica n. 4	775	B

In riferimento alla tabella 3.2.II del DM 14/01/2008 nelle prime tre aree indagate la categoria di sottosuolo individuate corrispondono a C, mentre nell'ultima area corrisponde a B.

Sismicità della zona.

L'area di studio, posta a ridosso del fronte della catena appenninica e in prossimità d'importanti lineazioni tettoniche, a carattere trascorrente e attive, che limitano il promontorio del Gargano, risente di un'importante sismicità.

L'ultimo evento significativo, in ordine temporale, oltre a quello del mese di settembre del c.a., 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. Come evidenziato dal lavoro di Bruno G, et alii (*Bruno G. et alii 2006*) gli eventi sismici più forti, verificatisi in epoca storica nelle vicinanze dell'area in studio sono:

- -la sequenza appenninica del dicembre 1456, di cui si ricordano danni gravi a Casacalenda;
- -la sequenza garganica del luglio/agosto 1627, che ha provocato, fra l'altro, danni di grado VIII- IX a Termoli e di grado VIII a Campomarino;
- -il terremoto del 30 marzo 1731, che raggiunse gli effetti del X grado con la distruzione di gran parte delle costruzioni del territorio comunale di Troia nonché parti della cattedrale;
- -l'evento del luglio 1805, nel Matese, i cui effetti peraltro non hanno superato il grado VI.

Nello stesso lavoro si riporta la notizia che nell'area della Daunia potrebbe essere localizzato un terremoto dell'11 ottobre 1125, che avrebbe prodotto danni attribuibili al VIII grado. Cataloghi sismici precedenti a quelli attualmente in uso, inoltre, riportano un terremoto distruttivo, localizzato a Larino che sarebbe avvenuto nel 1120. Studi recenti hanno dimostrato che, con buona probabilità, si tratterebbe di una duplicazione di un evento avvenuto nello stesso anno 1120 in un'area limitrofa (*Bruno G. et alii 2006*).

L'ordinanza n° 3.274/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri aveva inserito il territorio comunale di Roseto Valfortore, Biccari e Troia nella Zona Sismica 2, con valore di ag pari a 0,32g.

Il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante “Norme Tecniche per le Costruzioni”, raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'azione sismica è ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non a una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, a un'unica forma spettrale e a un periodo di ritorno prefissato e uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale intervallo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” VR e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” RVP.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

Il valore di ag è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV.

Si riporta, alla pagina seguente, la Mappa dell'accelerazione massima al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (ovvero tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli rigidi ($V_s30 > 800\text{m/s}$ Cat. A), della zona in esame.

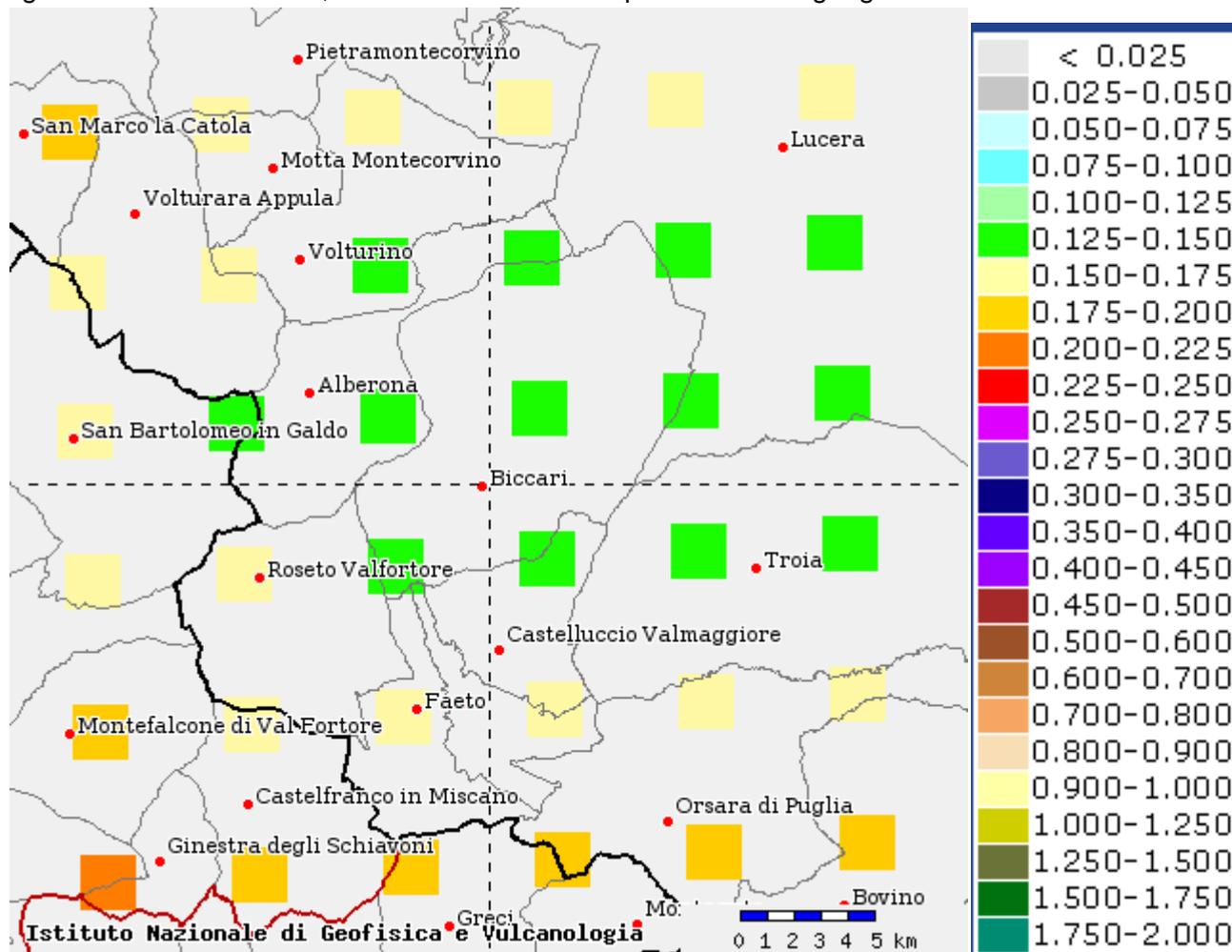
Tale mappa evidenzia che la pericolosità sismica di base è quasi la stessa lungo l'intero tracciato.

Ai fini della presente normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento RVP, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;

- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Tc* periodo d’inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di ag Fo e Tc* necessari per la determinazione delle azioni sismiche sono riportati in tabelle allegate al D.M. 14/01/2008, tali valori sono ordinati per coordinate geografiche crescenti.



Mappa dell’accelerazione massima al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (ovvero tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800\text{m/s}$ Cat. A), della zona in esame.

In base a quanto stabilito dalle NTC, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico SS, il coefficiente topografico ST e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo Tc.

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti “Ss” e “Cs” valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D, ed E, i coefficienti “Ss” e “Cs” possono essere calcolati in funzione dei valori Fo, TC* relativi al sottosuolo di categoria A mediante le espressioni fornite nella tabella 3.2.V delle NTC.

L’O.P.C.M. n. 3274 e le nuove Norme Tecniche del gennaio 2008 prevedono anche l’introduzione di fattori di incremento dell’intensità sismica per tenere conto degli effetti indotti dalla morfologia. Tale fattore, definito “Coefficiente di amplificazione topografica” ST varia in funzione della pendenza media del versante e all’assetto morfologico del rilievo.

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 21 di 31

Caratteristiche morfologiche e geolitologiche del tracciato

L'opera in progetto prevede la realizzazione di 45 sostegni. Il rilevamento geologico e geomorfologico effettuato ha consentito di verificare le litologie affioranti che saranno interessate da ogni singolo sostegno. Si descrivono di seguito le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e di pericolosità delle aree direttamente interessate dal tracciato dell'elettrodotto.

Dal sostegno 1 al sostegno 16, il tracciato dell'elettrodotto di progetto ha un andamento circa nord ovest – sud est; si appoggia a versanti con basse pendenze laddove affiorano i terreni riconducibili alle argille dell'Unità della Fossa Bradanica: sostegni 1, 2, 3, 4 e dal n. 10 al 16; i sostegni 5 e 6 si poggeranno sui depositi alluvionali recenti del Torrente Celone, mentre il 7 ed il n. 10 sui depositi terrazzati dello medesimo corso d'acqua. I versanti interessati sono stabili e i sostegni potranno essere realizzati con i normali accorgimenti tecnici che di solito vengono fatti per la buona esecuzione delle costruzioni.

Il sostegno 16 svolge la funzione di vertice, in quanto da questa zona in avanti il tracciato assume un andamento est – ovest. Dal sostegno n. 17 al sostegno 19, il tracciato si sviluppa a mezza costa su un versante mediamente acclive formato da terreni calcareo – marnosi – argillosi.

Dal sostegno n. 28 al sostegno 32, il tracciato si sviluppa a mezza costa su un versante mediamente acclive.

Il sostegno 34 è previsto in corrispondenza di un alto morfologico, a distanza di sicurezza dai fenomeni franosi presenti sui versanti che lo delimitano.

Dal sostegno n 39 al 45 si attraversa la dorsale montuosa di Monte Stillo, i terreni interessati sono formati in prevalenza dalla componente lapidea dell'Unità della Daunia ed i versanti sono molti acclivi.

Criteri progettuali delle strutture di fondazione

I criteri progettuali di seguito riportati fanno riferimento a quanto descritto nella “Relazione Tecnico Descrittiva” del Progetto Preliminare.

Per sostegni ubicati su terreni dalle buone/discrete caratteristiche geotecniche, le fondazioni di ogni sostegno saranno di tipo diretto e caratterizzate dalla realizzazione di 4 plinti agli angoli dei tralicci (fondazioni a piedini separati).

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni di circa 3x3 m con una profondità non superiore a 4 m, per un volume medio di scavo pari a circa 30 m³; una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra dei colonnini di diametro di circa 1 m.

In seguito si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione e dei piedi, il loro accurato livellamento, la posa dell'armatura di ferro e delle casserature, il getto del calcestruzzo. Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il reinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. Il materiale di risulta può essere utilizzato in loco per la successiva sistemazione del sito o allocato in discarica.

Per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche saranno necessarie fondazioni speciali (pali trivellati e micropali), che verranno definite e dimensionate sulla base di apposite indagini geognostiche e geotecniche.

In questo caso le opzioni possibili comprendono la realizzazione di pali trivellati o micropali a seconda delle caratteristiche del terreno. Nel primo caso, gli scavi riguarderanno la realizzazione di un fittone per ogni piedino mediante trivellazione fino alla quota prevista in funzione della litologia del terreno desunta dalle prove geognostiche eseguite in fase esecutiva (mediamente 15 m) con diametri che variano da 1,5

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 22 di 31

a 1,0 m, per complessivi 15 m³ circa per ogni fondazione, posa dell'armatura e getto del calcestruzzo fino alla quota d'imposta del traliccio. Durante la realizzazione dei trivellati, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzata, in alternativa al tubo forma metallico, della bentonite che a fine operazioni dovrà essere recuperata e smaltita secondo le vigenti disposizioni di legge.

Nel secondo caso, verranno realizzati una serie di micropali per ogni piedino con trivellazione fino alla quota prevista. Il volume di scavo complessivo per ogni piedino è circa 4 m³. Durante la realizzazione dei micropali, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, sarà utilizzato un tubo forma metallico, per contenere le pareti di scavo, che contemporaneamente alla fase di getto sarà recuperato.

Modello geolitologico - geotecnico

Le informazioni derivanti da tutte le indagini eseguite, sia dirette sia indirette, hanno permesso di ricostruire le geometrie dei principali corpi litologici individuati.

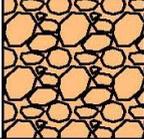
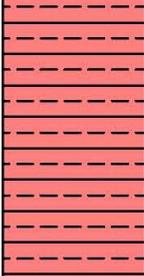
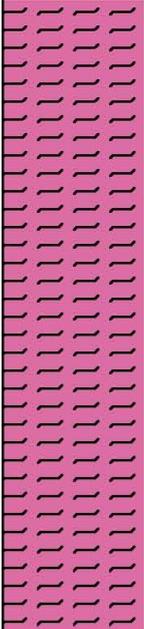
Lungo il tracciato dell'elettrodotto in progetto dominano terreni appartenenti alle formazioni geologiche del Flysch di Faeto e della successione pliocenica della Fossa Bradanica.

Nell'area di affioramento del Flysch di Faeto i sondaggi meccanici eseguiti (P2 e P3) e le indagini indirette hanno consentito di ricostruire le stratigrafie della successione fliscioide e di evidenziare le principali caratteristiche geotecniche. Tali terreni sono costituiti da una successione di strati argillitici, calcarenitici e arenitici con prevalenza, in alcuni casi, dei termini pelitici e di quelli lapidei in altri. Gli affioramenti prevalentemente pelitici si riscontrano in presenza dei versanti meno acclivi, gli affioramenti prevalentemente lapidei caratterizzano la dorsale morfologica lungo la quale si sviluppa gran parte del tracciato dell'elettrodotto in progetto. Le caratteristiche geotecniche dei livelli prevalentemente pelitici, come evidenziato nel capitolo di geotecnica, sono scadenti.

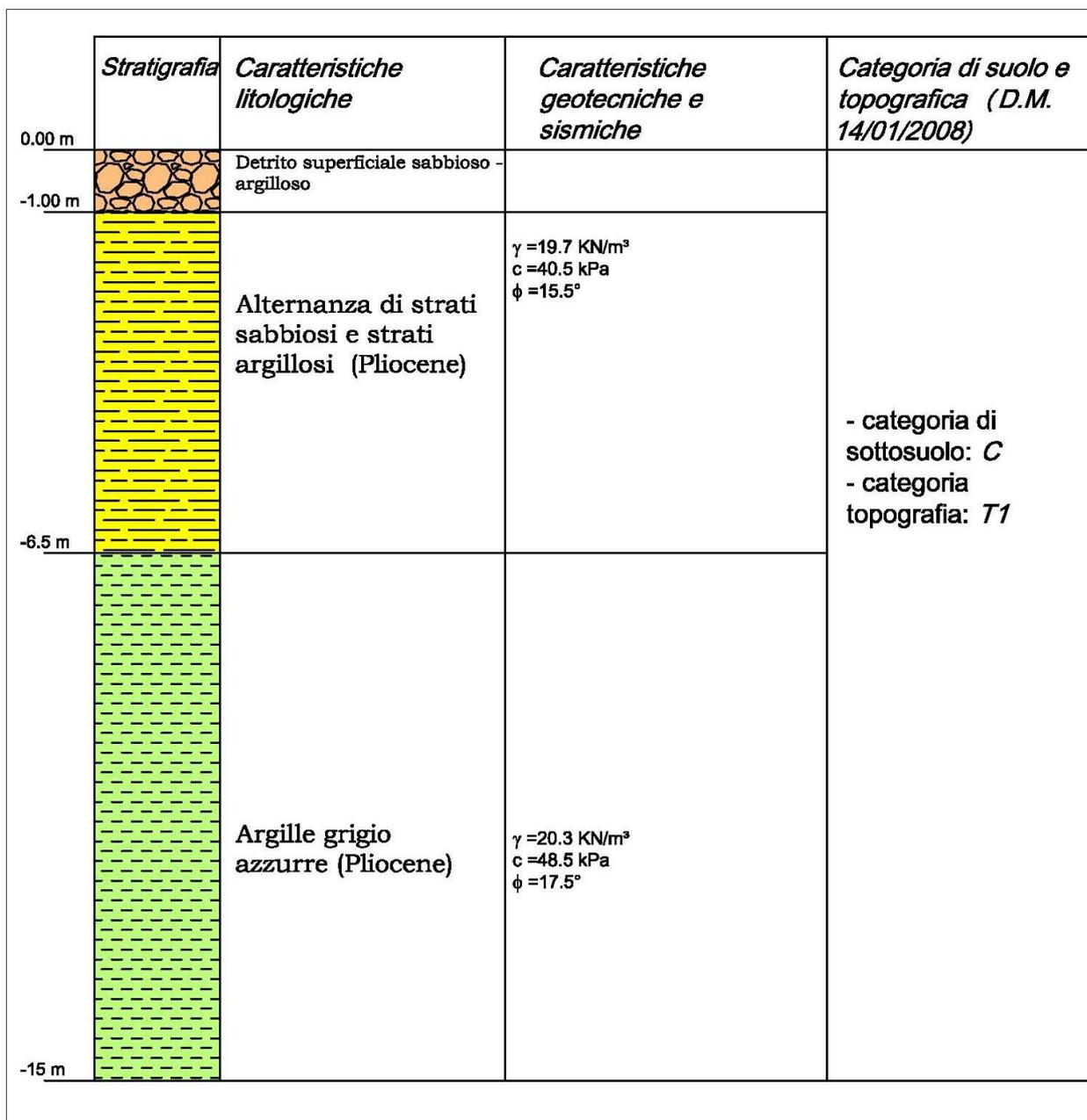
I depositi pliocenici della Fossa Bradanica, così come evidenziato dal sondaggio P1, sono costituiti da una successione limo - argillosa con strati sabbiosi e livelli ciottolosi, passanti verso il basso ad argille grigio azzurre. Le caratteristiche geotecniche di questo livello, come evidenziato nel capitolo di geotecnica, risultano scadenti.

Superficialmente i versanti sono ricoperti da una coltre detritica colluviale ed eluviale di natura limoso - sabbiosa con livelli ghiaioso - ciottolosi in matrice limosa. Il suo spessore è variabile da qualche decimetro, ad alcuni metri.

Per ogni dominio geologico è possibile, pertanto, definire i seguenti modelli geolitologici - geotecnici rappresentativi:

Stratigrafia	Caratteristiche litologiche	Caratteristiche geotecniche e sismiche	Categoria di suolo e topografica (D.M. 14/01/2008)
0.00 m	 Detrito superficiale sabbioso-argilloso	$\gamma = 17.2 \text{ KN/m}^3$ $c = 17.5 \text{ kPa}$ $\phi = 15.0^\circ$	- categoria di sottosuolo: C - categoria topografia: T1
-2.00 m			
-6 m	 Alternanza di strati calcilutitici, calcarenitici e di strati argillosi (Flysch di Faeto)	$\gamma = 17.8 \text{ KN/m}^3$ $c = 21.5 \text{ kPa}$ $\phi = 22.0^\circ$	
	 Argille scagliose con strati arenacei e calcarenitici (Flysch di Faeto)	$\gamma = 18 \text{ KN/m}^3$ $c = 23.7 \text{ kPa}$ $\phi = 17.5^\circ$	
-15 m			

Schema di modello geolitologico e geotecnico delle aree di affioramento del Flysch di Faeto



Schema di modello geolitologico e geotecnico delle aree di affioramento dei depositi pliocenici

Verifiche di stabilità

Per valutare se gli interventi in progetto portino modifiche alle condizioni di equilibrio morfologico dei versanti che ricadono in zone Pg2, vincolate dall’Autorità di Bacino della Puglia, sono state eseguite più verifiche analitiche di stabilità in corrispondenza dei principali sostegni dell’elettrodotto in progetto. Sono state eseguite, in particolare, verifiche sui versanti a maggiore criticità morfologica interessati dall’ubicazione dei seguenti sostegni:
 sostegno n. 41 (verifica di stabilità n.1)

sostegno n. 38 (verifica di stabilità n.2)
 sostegno n. 35 (verifica di stabilità n.3)
 sostegno n. 33 (verifica di stabilità n.4)
 sostegno n. 31 (verifica di stabilità n.5)
 sostegni n. 29 (verifica di stabilità n.6)
 sostegno n. 28 (verifica di stabilità n.7)
 sostegno n. 22 (verifica di stabilità n.8)
 sostegni n. 16 (verifica di stabilità n.9)

Per ogni sezione sono state eseguite due distinte verifiche: la prima in condizioni naturali, come si presenta attualmente il pendio; la seconda con un profilo modificato dal progetto e con i carichi del traliccio.

Nelle impostazioni generali, si è inoltre tenuto delle caratteristiche sismiche del sito (secondo quanto riportato nelle NTC del 14/01/2008), con una categoria del suolo pari a C o B e un coefficiente topografico pari a T1, il profilo topografico è risultato, infatti, sempre con una pendenza media inferiore ai 15°.

In tutte le verifiche è stata effettuata una riduzione dei parametri geotecnici con l'applicazione dell'Approccio 1 e Combinazione 2 (A2+M2+R2 Norme tecniche).

Anche se in gran parte delle aree di ubicazione dei sostegni dell'elettrodotto in progetto il substrato è costituito essenzialmente dalla successione prevalentemente lapidea del Flysch di Faeto, si è ritenuto, nel rispetto delle Norme Tecniche che richiedono di considerare le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere (Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. del 14/01/2008), di far riferimento al substrato costituito solo dai livelli argillosi. Per le caratteristiche geotecniche si è fatto riferimento, pertanto, a quelle ottenute dai campioni prelevati nei livelli essenzialmente argillosi del Flysch di Faeto, riportate nel capitolo di geotecnica. Sui profili ricadenti nelle aree di affioramento dei depositi bradanici sono state considerate le caratteristiche geotecniche medie derivanti dai campioni prelevati nel sondaggio P1 eseguito nella successione sabbioso argillosa pliocenica.

I parametri immessi per la ricerca del coefficiente di sicurezza più basso sono i seguenti:

Litotipi	Peso di volume (kN/m ³)	Peso di volume saturo (kN/m ³)	Coesione (KN/m ²)	Angolo di attrito (°)
Detrito	17.2	17.9	17.5	15
Argille scagliose di Faeto	17.9	18.4	22.6	19.75
Argille e limo (Pliocene)	20	20.5	44.5	16.5

Nelle verifiche di stabilità con il profilo modificato secondo le indicazioni di progetto è stato aggiunto il carico trasmesso alle fondazioni dal traliccio che è pari a circa 350 kN/m².

Fatte tali premesse, si è proceduto con il calcolo utilizzando il metodo di Jambu. Le verifiche di stabilità sono state eseguite con il software SLOPE della Gesotru (codice cliente 2116).

Le verifiche eseguite hanno dimostrato le sufficienti condizioni di stabilità del pendio sia nelle condizioni attuali che in quelle di progetto.

Si riportano, in dettaglio, i valori minimi del coefficiente di sicurezza (Fs) individuati per ogni verifica.

SEZIONE n.	VERSANTE	Aree PAI	Sostegni interessati	Fattore di sicurezza (Fs) minimo
Verifica 1	naturale	Pg2		1.19
Verifica 1	modificato secondo progetto	Pg2	n. 41	1.03
Verifica 2	naturale	Pg2		2.29
Verifica 2	modificato secondo progetto	Pg2	n. 38	1.33
Verifica 3	naturale	Pg2		1.44
Verifica 3	modificato secondo progetto	Pg2	n. 35	1.29
Verifica 4	naturale	Pg2		2.55
Verifica 4	modificato secondo progetto	Pg2	n. 33	1.41
Verifica 5	naturale	Pg2		1.15
Verifica 5	modificato secondo progetto	Pg2	n. 31	1.08
Verifica 6	naturale	Pg2		1.32
Verifica 6	modificato secondo progetto	Pg2	n. 29	1.18
Verifica 7	naturale	Pg2		1.19
Verifica 7	modificato secondo progetto	Pg2	n. 28	1.14
Verifica 8	naturale	Pg1		2.05
Verifica 8	modificato secondo progetto	Pg1	n. 22	1.17
Verifica 9	naturale	Pg1		1.30
Verifica 9	modificato secondo progetto	Pg1	n. 16	1.13

I risultati analitici della verifica sono riportati nell'allegato alla presente relazione.

Condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione dei sostegni

Questo studio ha consentito di valutare le condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione dei sostegni che ricadono in zone Pg2 e Pg1.

Il rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, integrato dal risultato delle indagini dirette e indirette ha permesso di ricostruire i modelli geolitologici e geotecnici rappresentativi dei due distinti domini geologici presenti lungo il tracciato dell'elettrodotto in progetto. L'indagine sismica, inoltre, ha consentito di identificare le categorie di sottosuolo sismico prevalenti.

Con tale modellazione geolitologico – geotecnica e sismica si è proceduto nell'elaborazione delle verifiche analitiche delle condizioni di stabilità di 9 versanti a maggiore criticità geomorfologica.

Come riportato nel capitolo del vincolo PAI, i sostegni dell'elettrodotto in progetto che ricadono in aree PG2 dell'Autorità di Bacino della Puglia sono i seguenti: 28 - 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41.

Come evidenziato negli elaborati allegati alla presente relazione, questi sostegni ricadono in gran parte nell'area di affioramento del Flysch di Faeto, interessando la seconda metà del tracciato dell'elettrodotto. I sostegni che ricadono in aree PG1 dell'Autorità di Bacino della Puglia interessano la prima parte del tracciato, poggiando sui depositi pliocenici della Fossa Bradanica, e vanno dal sostegno n. 1 al n. 16, mentre i sostegni dal 17 al 27 ricadono sui depositi fliscioidi

A seguire si riporta una descrizione delle condizioni geolitologiche e geomorfologiche per le principali ubicazioni dei sostegni ricadenti in aree PG2.

Sostegni ricadenti in aree a pericolosità elevata (Pg2)

Sostegno n. 28

Questo sostegno ricade sul versante settentrionale del Monte Cornacchia, a monte dell'abitato di Biccari, ad una quota di circa 641 m. Il pendio mostra una pendenza media intorno ai 12° sul quale affiorano i depositi del Flysch di Faeto. Tali depositi sono evidenziati da alcune esposizioni presenti lungo i fossi e il bordo della strada comunale che passa in prossimità dell'ubicazione del sostegno. Vi si possono rilevare strati decimetrici di arenarie e di calcilutiti e marne alternati a straterelli millimetrici di argilla scagliosa, disposti con un'inclinazione maggiore di 25° verso sud - ovest.

Sul versante interessato dall'ubicazione del sostegno non sono stati individuati dissesti morfologici. A sud del sostegno in progetto, in un bacino idrografico adiacente a quello in cui ricade il traliccio, è presente una vasta area Pg3 individuata dall'Autorità di Bacino della Puglia. Il traliccio dista da tale area vincolata più di 80 m.

Su questo pendio è stata eseguita una verifica di stabilità (verifica n. 7) considerando prima le condizioni topografiche attuali e successivamente quelle modificate da progetto con l'aggiunta del carico del traliccio. I risultati di questa verifica confermano le sufficienti condizioni di stabilità del versante.

L'affioramento di una successione fliscioide con livelli lapidei e pelitici, l'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi e le verifiche analitiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione del sostegno n. 28.

Sostegno n. 29

Questo sostegno ricade nel medesimo bacino idrografico del sostegno precedente, sul versante sinistro. E' previsto a una quota di circa 676 m s.l.m su un pendio a pendenza costante intorno ai 13° circa. Come nel caso precedente vi affiorano sia termini pelitici che lapidei della successione fliscioide dauna. Alcune esposizioni di questi terreni sono visibili lungo le scarpate che bordano il sottostante fosso. Non vi sono state rilevate morfologie di frane antiche e/o recenti, né movimenti gravitativi superficiali.

L'analisi di stabilità eseguita (verifica 6) sul profilo topografico, passante dall'ubicazione del sostegno e coincidente con una linea a massima pendenza, ha verificato le sufficienti condizioni di equilibrio del pendio. Sullo stesso profilo, con l'aggiunta del carico derivante dal traliccio in progetto, è stata eseguita un'ulteriore verifica di stabilità che ha dimostrato come il versante conserva le condizioni di equilibrio morfologico.

L'affioramento di una successione fliscioide con livelli lapidei e pelitici, l'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi e le verifiche analitiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione del sostegno n. 29.

Sostegni n. 30 e 31

Questi due sostegni ricadono su una dorsale morfologica di direzione circa nord sud e proveniente dalla vetta del Monte Cornacchia. Saranno previsti alla sommità del versante dove l'inclinazione del pendio è inferiore agli 8°. Verso valle, in prossimità dei fossi, la pendenza aumenta in media fino a circa 13°. Il rilevamento geomorfologico non ha evidenziato la presenza di morfologie indicative di dissesti gravitativi attuali e/o antichi. Tale assenza è determinata dall'affioramento di terreni appartenenti prevalentemente alla successione lapidea del Flysch di Faeto. Su alcune scarpate poste in prossimità dei due sostegni, sono presenti strati centimetrici e decimetrici di calcilutiti, arenarie e marne in alternanza a straterelli centimetrici di argilla scagliosa.

In corrispondenza del sostegno n. 31 è stata eseguita una verifica di stabilità lungo un profilo passante per l'ubicazione del traliccio in progetto. Questa verifica analitica delle condizioni di stabilità ha evidenziato le sufficienti condizioni di equilibrio del pendio: i valori più bassi del coefficiente di sicurezza

(F) appartengono a superfici critiche ipotetiche che intersecano porzione di pendio posto molto a valle rispetto a quella sulla quale ricade il traliccio.

L'affioramento di una successione fliscioide con livelli lapidei e pelitici, l'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi e le verifiche analitiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 30 e 31.

Sostegno n. 32

Questo sostegno è ubicato su un versante a bassa pendenza, con un'inclinazione inferiore ai 10°, delimitato sul lato sud occidentale da una scarpata degradata e da un fosso in erosione. Lungo tale scarpata sono in esposizione i terreni della successione fliscioide della Daunia. S'individua un'alternanza di strati centimetrici e decimetrici di calcilutiti, marne e argilliti scagliose, inclinati verso sud ovest.

Il versante sul quale è previsto il traliccio non presenta evidenze morfologiche d'instabilità. Non sono stati rilevati dissesti gravitativi né profondi né superficiali. Sul versante in sinistra orografica del fosso che passa in prossimità dell'ubicazione del sostegno, è presente un movimento franoso classificato come scorrimento inattivo. Si tratta di un dissesto che attualmente non presenta condizioni di attività e che coinvolge una porzione di versante e la sottostante SP 129 di collegamento fra Biccari e Roseto. Tale dissesto non interessa sia direttamente che indirettamente l'area di ubicazione del sostegno n. 32.

L'affioramento di una successione fliscioide costituita da un'alternanza di livelli argillosi e calcareo marnosi, l'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi e la bassa pendenza del versante assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione del sostegno n. 32.

Sostegno n. 33

Il sostegno 33 ricade su un versante a bassa pendenza posto subito a monte della SP 129. La morfologia è caratterizzata da una superficie subpianeggiante degradante verso nord con un'inclinazione di circa 4° e delimitata verso monte da un pendio a maggiore pendenza. Il rilevamento geomorfologico ha permesso di escludere la presenza di frana attuali e/o antiche. E' presente un dissesto gravitativo su un versante posto a ovest rispetto all'ubicazione del traliccio. Si tratta di una frana classificata come complessa attiva ed è costituita da uno scorrimento evolvente in colata verso valle. La morfologia attuale di questa frana e l'eventuale sua evoluzione non andranno a coinvolgere il pendio sul quale è previsto il traliccio n. 33.

Non vi sono in prossimità dell'area di ubicazione del traliccio esposizioni geologiche che possano consentire di identificar la natura litologica del substrato. L'esecuzione del sondaggio P3, terebrato sul ciglio stradale della SP 129, a pochi metri di distanza dal punto di ubicazione del sostegno, ha individuato la presenza di un substrato appartenente alla successione del Flysch di Faeto. Tale indagine, approfondito fino a 15, ha confermato la natura del substrato prevalentemente lapidea costituita da strati arenacei alternati a sottili straterelli argillosi, e da una successione di argilla scagliosa.

Sul versante sul quale sarà ubicato il sostegno n. 33 è stata eseguita una verifica di stabilità (verifica 4) sia in condizioni attuali, con il pendio naturale, che in condizioni modificate secondo le indicazioni di progetto con il carico aggiuntivo del traliccio. In entrambi i casi è stato il valore del coefficiente di sicurezza (F) è risultato maggiore dell'unità.

L'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi, la presenza in affioramento di una successione con alternanza di livelli lapidei e argillosi e le verifiche analitiche di stabilità, assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione del sostegno n. 33.

Sostegni n.34 e 35

Questi due sostegni sono ubicati rispettivamente a monte e a valle della SP. 129. Il primo è previsto alla sommità di una dorsale morfologica di direzione nord sud passante per la vetta del Monte Cornacchia e degradante verso nord. Il secondo poggerà sul versante occidentale di tale dorsale. In entrambi i casi il

substrato è costituito dalla successione del Flysch di Faeto con l'alternanza di livelli lapidei e argillosi. Il rilevamento geologico ha escluso la presenza di dissesti gravitativi in atto e di frana antiche.

Il sostegno n. 34, in particolare, è ubicato su una superficie subpianeggiante delimitata da versanti a pendenza variabile. Il sostegno n. 35 è previsto su un versante a pendenza costante inclinato verso ovest di circa 11°.

Fra i sostegni 33 e 34, a monte della strada provinciale, è stata eseguita una sismica superficiale (BS3) che ha permesso di individuare una categoria di sottosuolo sismico (D.M. del 14/01/2008) pari a C e un'alternanza di i livelli lapidei e argillosi appartenenti al Flysch di Faeto, al di sotto di una copertura detritica e di substrato degradato di spessore intorno a circa 2.00.

Sul versante sul quale ricade il sostegno n. 35 è stata eseguita una verifica di stabilità su un profilo costruito lungo la linea di massima pendenza e passante per l'ubicazione del sostegno. Tale analisi di stabilità ha consentito di verificare le sufficienti condizioni di equilibrio con il profilo naturale attualmente presente e con quello modificato da progetto.

L'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi, la presenza in affioramento di una successione con alternanza di livelli lapidei e argillosi e le verifiche analitiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione del sostegno n. 34 e 35.

Sostegno n. 36

Questo sostegno è ubicato alla sommità di una dorsale lunga e stretta allungata in direzione sud – est nord – ovest e degradante con una pendenza inferiore ai 10 °. Questa morfologia riflette la natura geolitologica del substrato, che vede prevalere la componente lapidea su quella pelitica del Flysch di Faeto. Lateralmente alla dorsale morfologica sono presenti più dissesti gravitativi rappresentati sia da frane complesse quiescenti che da colate quiescenti. In entrambi i casi si tratta di frane che non coinvolgono direttamente e/o indirettamente l'area di ubicazione del traliccio 36.

L'affioramento di una successione fliscioide prevalentemente lapidea, l'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione del sostegno n. 36.

Sostegno n. 37 e 38

Questi due sostegni sono ubicati su un versante delimitato da due fossi ad andamento nord – sud: il fosso Froiano, verso ovest, e il fosso Rattapone, verso est. La morfologica delle aree di ubicazione dei sostegni è caratterizzata da una superficie sub orizzontale debolmente pendente verso nord con una inclinazione costante di circa 6°. Il rilevamento geomorfologico non ha individuato dissesti gravitativi in corrispondenza o in prossimità dell'area di ubicazione dei sostegni. Sono presenti alcuni corpi di frana, appartenenti a frane classificate come complesse e quiescenti, sui versanti in sinistra orografica del Torrente Froiano e in destra del Torrente Rattapone. In entrambi i casi si tratta di dissesti che non interessano direttamente e/o indirettamente l'area di ubicazione dei sostegni 37 e 38.

Le basse pendenze di questi versanti sono dovute alla natura geolitologica del substrato caratterizzato dalla prevalenza della componente argillosa su quella calcilutitica, arenacea e marnosa del Flysch di Faeto. Alcune esposizioni di quest'affioramento sono presenti lungo i due fossi che delimitano il versante e sui bordi della strada comunale.

Sul versante che dovrà ospitare il sostegno n. 38 è stata seguita una verifica di stabilità sia in condizioni naturale che su profilo modificato da progetto. In entrambi i casi il fattore di sicurezza è risultato maggiore dell'unità.

L'assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi, la presenza in affioramento di una successione con alternanza di livelli argillosi e subordinatamente lapidei e le verifiche analitiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione del sostegno n. 37 e 38.

Sostegno n. 39 40 e 41

Questi tre sostegni sono ubicati sul versante orientale del Monte Stillo, ad est della “sella morfologica” di Crocilla. Il rilevamento geologico ha individuato la presenza su tutto il versante di terreni appartenenti alla successione del Flysch di Faeto e in particolare è stato verificato che gran parte dell’affioramento è costituito dalla successione prevalentemente lapidea del Flysch. Su varie scarpate osservabili sul versante si riconoscono strati centimetri e decimetrici arenacei, marnosi e calcilutitici, intervallati da straterelli centimetrici di argilla. Questi strati immergono con un angolo maggiore dei 20° verso sud ovest, assumendo una posizione rispetto al pendio a reggipoggio.

Il rilevamento geomorfologico non ha individuato, su tutto il versante interessato dal tracciato dell’elettrodotto, elementi morfologici recenti e/o antichi indicativi di dissesti gravitativi.

A monte del sostegno n. 41, sul lato orientale della “sella morfologica” di Crocilla, è stata eseguita una sismica superficiale (BS4) che ha permesso di individuare una categoria di sottosuolo sismico (D.M. del 14/01/2008) pari a B e un’alternanza di livelli lapidei e argillosi appartenenti al Flysch di Faeto, al di sotto di una copertura detritica e di substrato degradato di spessore intorno a circa 2.00.

Sulla porzione di versante dove è prevista l’ubicazione del sostegno n. 41 è stata eseguita una verifica di stabilità (verifica 1) sia in condizioni attuali, con il pendio naturale, che in condizioni modificate secondo le indicazioni di progetto con il carico aggiuntivo del traliccio. Pur in presenza di un substrato costituito prevalentemente dalla successione lapidea del Flysch di Faeto, ai fini dell’analisi di stabilità del versante, sono stati presi in considerazione i parametri geotecnici dei livelli argillosi. Dal risultato di tale verifica viene dimostrato le sufficienti condizioni di equilibrio morfologico di tali versante, sia in condizioni naturali che modificate da progetto.

L’assenza di dissesti gravitativi attuali e/o pregressi, la presenza in affioramento di una successione con prevalenza dei livelli lapidei su quelli argillosi e le verifiche analitiche di stabilità, eseguite considerando le sole caratteristiche geotecniche del membro pelitico, assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione dei sostegni n. 39, 40 e 41.

Sostegni ricadenti in aree a pericolosità media e moderata (Pg1)

Come già precedentemente descritto gran parte dei sostegni ricadenti in aree Pg1, dal sostegno n. 1 al n. 16, sono ubicati su terreni appartenenti alla successione pliocenica bradanica e ai depositi continentali quaternari, mentre altri dieci, dal 17 al 27, ricadono sui depositi fliscioidi. Molti di essi, dal sostegno 1 al sostegno n. 4 e dal n. 11 al 16, ricadono su versante argillosi a bassa pendenza con un’inclinazione del pendio inferiore ai 10. Tutti i sostegni sono posti al di fuori e distanti da aree in frana. Ai fini di valutare le condizioni di stabilità dei pendii ricadenti in aree Pg1 e interessati dai sostegni in progetto sono stati individuati due versanti rappresentativi a maggiore criticità geomorfologica, uno per ogni dominio geolitologico, sul quale ricadono i sostegni n. 16 e n. 22. In prossimità di quest’ultimo sostegno è stato eseguito il sondaggio meccanico P2 che ha confermato la natura del substrato costituito, al di sotto di una coltre detritica di circa 5 metri, da un’alternanza di livelli lapidei calcilutitici, arenacei e marnosi e di livelli argillosi. Le prove di laboratorio eseguite sui due campioni indisturbati prelevati nel sondaggio P2 hanno evidenziato scadenti caratteristiche geotecniche.

In corrispondenza del sostegno n. 16 è stata eseguita una sismica superficiale (BS1) che ha consentito di riconoscere, al di sotto di una coltre detritica e di substrato degradato, la successione sabbioso . argillosa pliocenica.

Le verifiche di stabilità eseguite su questi due profili passanti lungo le linee di massima pendenza dei versanti e in corrispondenza dei sostegni n. 16 e n. 22, hanno dimostrato le sufficienti condizioni di equilibrio del versante sia in condizioni naturali, con l’attuale profilo, che in condizioni modificate con l’aggiunta del carico dei due sostegni.

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10017BASA00180	
		Rev. N° 00	Pag. 31 di 31

L'assenza di dissesti gravitativi in corrispondenza delle aree di ubicazione dei tralicci, la presenza versanti con pendenza inferiore ai 10° e le verifiche analitiche di stabilità, eseguite sul versante a maggiore criticità morfologica, assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione dei sostegni ricadenti in area Pg1.

Conclusioni

Questo studio ha consentito di inquadrare l'area dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico e di evidenziare le principali criticità geomorfologiche presenti sul territorio indagato. Con il risultato delle indagini dirette e indirette sono stati definiti i modelli geolitologici – geotecnici e sismici dei due differenti domini geologici presenti, necessari per poter definire analiticamente le condizioni di equilibrio dei versanti. Le verifiche di stabilità dei pendii, eseguite sui versanti più rappresentativi, quindi, hanno dimostrato che gli interventi previsti non compromettono la stabilità dei versanti (lettera c, comma 7 art. 16 dal PAI).

In conclusione è possibile affermare che, sulla scorta del presente studio, le condizioni geolitologiche, geomorfologiche e sismiche assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione dei sostegni del nuovo elettrodo 150 kV doppia terna “Roseto Valfortore - S.E. Troia”, ricadenti nelle aree Pg1 e Pg2 dell'AdB della Puglia.

Riferimenti bibliografici essenziali

- Carta geologica d'Italia (Scala 1:100.000): Foglio 163 – Lucera;
- Bruno G., Cherubini C., Pagliarulo R., Surgo C., Trizzino R. - Giornale di Geologia Applicata 3 (2006) 167-172
- Carta Idrogeomorfologica dell'A.d.B. Puglia;
- Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 421 Ascoli Satriano; Foglio 433 Ariano Irpino;
- Carta geologica del settore orientale dei Monti del Sannio (Matano e Pinto, 2000);
- Guida geologica Regionale “Puglia e Monte Vulture” (1999);
- Piano Stralcio dell'A.d.B. della Regione Puglia.

Potenza 10 ottobre 2012

dott. geol. Pietro LORENZO