

**Elettrodotto aereo 380 kV
S.E. Bisaccia – S.E. Deliceto e Opera Connessa"**

**STUDIO DI COMPATIBILITA'
GEOLOGICA E GEOTECNICA**



Storia delle revisioni

Rev.	Data	Descrizione
Rev.00	Del 10/06/2013	Prima emissione

Incarico	Elaborato	Verificato	Approvato
Arch. F. Zaccara	Geol. Pietro LORENZO Prof.esterne	L. Di Tullio ING/CRE-ASA	N.Rivabene ING/CRE-ASA

m010CI-LG001-r02

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
3	RIFERIMENTI DI PROGETTO.....	6
4	PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA PUGLIA.....	7
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	8
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
6.1	STRATIGRAFIA.....	10
7	TETTONICA	14
8	GEOMORFOLOGIA E STABILITÀ DEI VERSANTI.....	15
9	CARATTERI IDROGRAFICI.....	18
10	CARATTERI IDROGEOLOGICI CON INDICAZIONI DI VULNERABILITÀ.....	19
11	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	21
11.1	INDAGINI PREGRESSE	21
11.2	SONDAGGI MECCANICI ESEGUITI.....	22
11.3	PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO	24
11.3.1	Prove geotecniche da indagini pregresse	24
11.3.2	Prove geotecniche da indagini eseguite.....	27
11.3.3	Caratteristiche geotecniche rappresentative	29
11.4	SISMICA SUPERFICIALE	30
11.4.1	Simica a rifrazione.....	30
11.4.2	Unità sismo-stratigrafiche e parametri elasto - meccanici.....	32
11.4.3	Categoria di suolo di fondazione	33
12	SISMICITÀ DELL’AREA	35
13	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE DEL TRACCIATO	45
14	MODELLO GEOLITOLOGICO - GEOTECNICO	48
15	CRITERI PROGETTUALI DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	54
16	PISTE DI ACCESSO	56
17	VERIFICHE DI STABILITÀ.....	57
18	OPERE DI MITIGAZIONE.....	60
19	CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLE AREE DI UBICAZIONE DEI SOSTEGNI	62
19.1	SOSTEGNI RICADENTI IN AREE A PERICOLOSITÀ ELEVATA (PG2).....	62
20	CONCLUSIONI.....	69
21	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI ESSENZIALI.....	70

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 3 di 70

1 PREMESSA

La presente relazione è finalizzata a verificare le condizioni di sicurezza dell'area interessata dal nuovo elettrodo 380 kV "Deliceto - Bisaccia", nelle province di Avellino e Foggia, attraverso uno studio di Compatibilità geologico – geotecnico, così come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia (Protocollo del 19/02/2013 – 0002433)

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.),
- Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/2003
- 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

E' 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 i rapporti geometrici dei terreni affioranti e consente di acquisire informazioni sulle caratteristiche tecniche, permeabilità e grado di erodibilità dei terreni. La carta geomorfologica contiene le informazioni sulle 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.

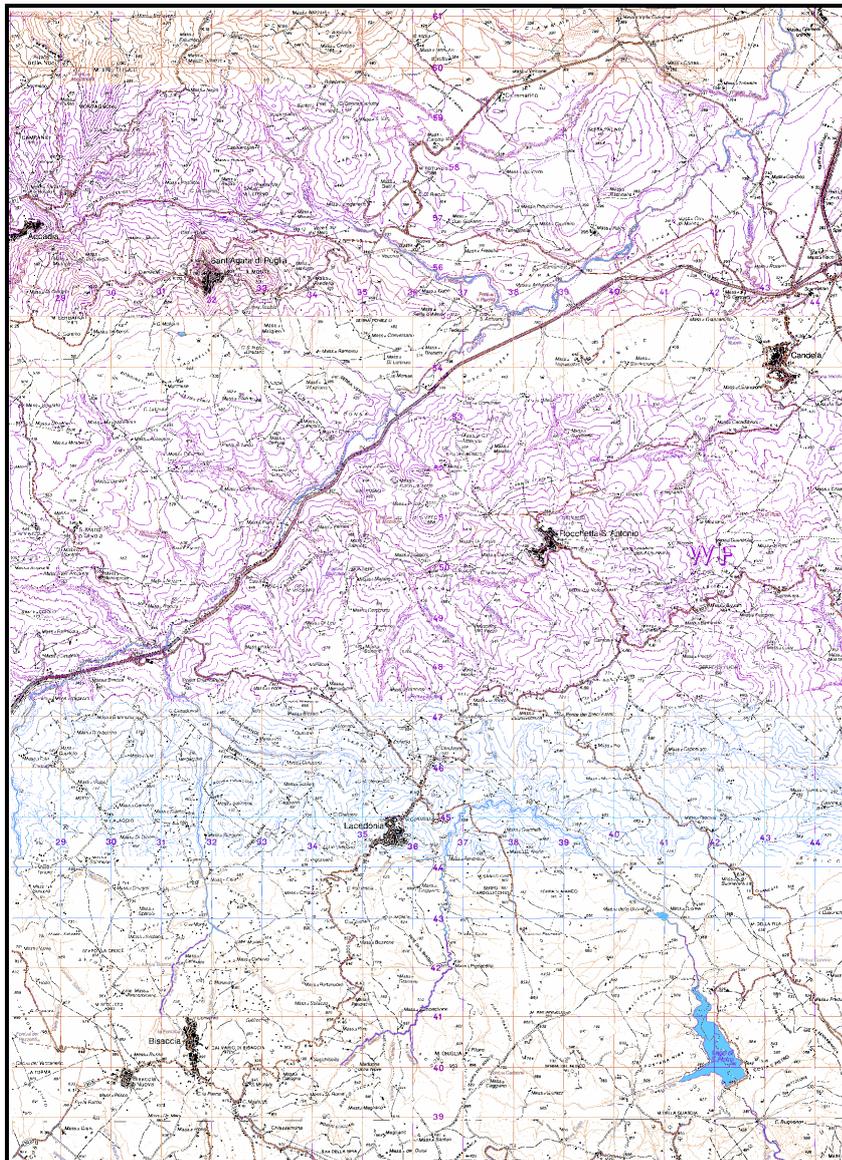
Per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismiche dei terreni è stata eseguita una campagna d'indagini dirette e indirette, preceduta da un'analisi di più campagne geognostiche pregresse eseguite lungo il tracciato dell'elettrodotto. Gli elaborati e gli allegati prodotti sono i seguenti:

N° tavola	Elaborato	Scala
DEFR10015BASA00252_03_1	Carta geolitologica con ubicazione delle indagini	1: 10.000
DEFR10015BASA00252_03_2	Sezione geologica	1: 10.000
DEFR10015BASA00252_03_3	Carta geomorfologica	1: 10.000
DEFR10015BASA00252_03_4	Carta del Piano Stralcio AdB Puglia	1: 10.000
ALLEGATI		
DEFR10015BASA00252_03_5	Allegato 1: Indagini pregresse	
DEFR10015BASA00252_03_6	Allegato 2: Sondaggi meccanici	
DEFR10015BASA00252_03_7	Allegato 3: Analisi di laboratorio geotecnico	
DEFR10015BASA00252_03_8	Allegato 4: Indagine geofisica	
DEFR10015BASA00252_03_9	Allegato 5: Verifiche di stabilità	

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato dell'elettrodotto in progetto ha un andamento circa sud – ovest nord – est e s'inserisce su di una fascia avente una larghezza di circa 15 km, compresa nei territori delle Regione Campania e Puglia. Interessa i territori dei Comuni di Bisaccia e Lacedonia, in provincia di Avellino, e di Rocchetta Sant'Antonio, Sant'Agata di Puglia e Deliceto, in provincia di Foggia.

Nel tratto campano l'area interessata dall'opera presenta una morfologia collinare, con crinali e versanti a pendenza variabile, mentre in quello pugliese è essenzialmente sub pianeggiante con superfici a debole pendenza.



Stralcio della carta topografica in scala 1:50.000

3 RIFERIMENTI DI PROGETTO

L'intervento consiste nella realizzazione di un collegamento a 380 kV tra la stazione elettrica 380/150 kV di Bisaccia e la stazione elettrica 380/150 kV di Deliceto. Tale intervento prevede la realizzazione di un elettrodotto su palificazione 380 kV in semplice terna con conduttore trinato dal portale della stazione elettrica di Bisaccia al portale della stazione elettrica di Deliceto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	380 kV
Intensità di corrente nominale	1500 A
Potenza nominale	1000 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 400m.

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 delta rovescio a semplice 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; l'altezza totale fuori terra sarà di norma inferiore a 61 m.

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.

L'elettrodotto a 380 kV semplice terna è realizzato utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H), denominate altezze utili (di norma vanno da 15 a 42 m).

Per questi sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, TERNA si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da esigenze tecniche ed economiche, ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

4 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 DEFR10015BASA00252_03_4) risulta che molti sostegni ricadono in aree vincolate del PAI della Puglia. Nella tabella sottostante sono stati indicati i sostegni e le piste di accesso ricadenti nelle aree vincolate.

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	12 – 13 – 14 – 17 – 18 – 20 – 23 – 24 – 28 – 29 – 30 – 31 – 37 – 38 – 39 – 43 – 44 – 46 – 49 – 51 – 56 – 57 Piste di accesso per i sostegni: 12, 17, 20, 23, 24, 30, 31, 37, 38, 43, 44, 46, 49, 51, 56 e 57
AREE PG1 Pericolosità geomorfologica media e moderata	Art. 15	9 -10 – 11 – 15 – 16 – 22 – 25 – 26 – 27 – 32- 33 – 34 – 35 – 40 – 41 -42 – 45 – 47 – 48 – 52- 53 - 54- 55- 58 – 59 – 60 – 61 – 62 – 63 – 64 – 65 – 66 – 67 – 68 – 69 -70 – 71 – 72 – 73 – 74 – 75 – 76 – 77 -78 – 79 – 80 -81 Piste di accesso per i sostegni: 9, 10 ,11, 15, 16, 18, 22, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 40 ,41 ,42, 45, 47, 52, 53, 54, 55, 58 – 59 – 60 – 61 – 62 – 63 – 64 – 65 – 66 – 67 – 68 – 69 -70 – 71 – 72 – 73 – 74 – 75 – 76 – 77 -78 – 79 – 80 -81
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

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto aereo 380 kV “Bisaccia – Deliceto Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 8 di 70

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.

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di studio si sviluppa in direzione sud – ovest nord – est e ricopre una zona a ridosso di una fascia pedemontana, posta lungo le pendici dell'Appennino Irpino - Dauno, verso sud ovest, e la zona collinare del Tavoliere foggiano, verso nord est. Nel primo caso le morfologie dominanti sono quelle di rilievi con vette che vanno da quote di circa 980m (Monte La Toppa), verso sud, a 742m (Monte Calaggio), separati fra loro da dorsali ad andamento circa nord – sud che degradano verso nord, e da valli strette caratterizzate da versanti con pendenze variabili dai pochi gradi ai 30°. Vi affiorano depositi miocenici, con formazioni fliscioidi prevalentemente lapidee e/o o prevalentemente pelitiche (Formazione della Daunia e Formazione delle Argille Varicolori), in esposizione lungo i principali fossi o sui versanti con maggiore pendenza. Le aree collinari e sub pianeggianti 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 fascia collinare interessata dal tracciato è caratterizzata, pertanto, da morfologie che degradano da ovest verso est, passando da quote di 694 m (Monte San Mauro), a nord di Lacedonia, a una quota medie di circa 300 m verso nord est. La porzione più nord orientale di questa fascia collinare è rappresentata da ampie superfici suborizzontali delimitate da versanti con basse pendenze (con inclinazione inferiore ai 5°). Vi affiorano terreni più recenti con sabbie e argille plio - pleistoceniche, ben evidenti lungo i principali fossi presenti nell'area di studio.

Si distingue una fascia morfologica di collegamento fra le due differenti configurazioni prima descritte e coincidente con un gradino morfologico ad andamento appenninico, nord ovest – sud est, individuato in corrispondenza del passaggio dei depositi pliocenici di fossa e i terreni appenninici. Questo gradino, posto a ovest del Monte Calaggio, è rappresentato da un versante con pendenza maggiore dei 10° e un salto di quota di circa 250 m.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area indagata ricade geologicamente a ridosso del margine esterno dell'Appennino Dauno, prolungamento dell'Appennino Campano) e del margine orientale della Fossa Bradanica (Fig. 1).

Il margine esterno dell'Appennino vede l'affioramento di depositi fliscioidi miocenici, rappresentati soprattutto da una formazione prevalentemente lapidea (Formazione di della Daunia) alternata a una prevalentemente argillosa (Argille Varicolori).

Nell'area della Fossa Bradanica sono presenti terreni molto più recenti, dal Pliocene al Pleistocene. I primi sono posti al contatto con i depositi fliscioidi appenninici in posizione trasgressiva e caratterizzati da una successione prevalentemente conglomeratica e sabbiosa. I secondi, affioranti più verso est, sono ben identificati da una successione regressiva rappresentati dal basso verso l'alto da argille e sabbie e conglomerati.



Figura: distinzione dei domini geologici (da Bruno G. et alii 2006)

L'Appennino Dauno rappresenta la porzione più orientale dell'Appennino meridionale. E' 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. L'Appennino Dauno è costituito da rocce sedimentarie, nelle quali prevalgono sia unità prevalentemente lapidee (Formazione della Daunia o Flysch di Faeto) sia unità prevalentemente argillitiche, molto destrutturate (Argille Varicolori). Nelle aree di affioramento di questi ultimi terreni è maggiormente diffusa la presenza di frane e/o movimenti gravitativi superficiali.

La Fossa Bradanica nell'area foggiana coincide con il Tavoliere. E' paleogeograficamente individuata come 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, nella zona depocentrale, 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.

Le tavole geolitologiche (elaborato 1) sono state redatte per un intorno significativo dell'opera in progetto. Sono stati cartografati gli affioramenti principali distinti litologicamente e sulla base della letteratura scientifica.

La redazione della carta geolitologica (elaborato 1) è stata eseguita sia sulla base di materiale di bibliografia esistente che di un rilievo di superficie. Sono stati consultati i fogli della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 redatta negli anni '60 e '70. Di questa pubblicazione sono stati consultati, in particolare, i fogli "174 – Ariano Irpino", "175 - Cerignola" e "186 – Sant'Angelo dei Lombardi". Le informazioni ricavate da questa cartografia sono state integrate da risultati di studi riportati in più recenti pubblicazioni, oltre che da rilievi di superficie condotti in campagna.

6.1 Stratigrafia

Nell'area di studio si rilevano tre diversi tipi di terreni:

1. depositi marini appenninici
2. depositi marini di Fossa Bradanica

3. depositi continentali.

I primi sono rappresentati dalle formazioni fliscioidi appenninici, i secondi dalla successione stratigrafica plio – pleistocenica appartenente al Bacino di Fossa Bradanica. Il terzo gruppo è costituito da terreni quaternari prevalentemente alluvionali di spessore ridotto ma d'importante area di affioramento

Depositi marini appenninici

I principali depositi appenninici affioranti nell'area di studio, considerandoli dai più antichi ai più recenti, sono i seguenti:

Formazione delle Argille Varicolori (Cretacico superiore – Oligocene)

La formazione delle Argille Varicolori affiora estesamente lungo tutto l'Appennino meridionale . E' presente soprattutto in modo quasi costante lungo il suo margine esterno. Nell'area di studio si rileva nella porzione meridionale dell'area indagata. In affioramento si presenta come una formazione argillosa caotica, molto tettonizzata per il notevole trasporto tettonico subito durante l'orogenesi appenninica. In alcuni casi si rileva con pezzame litoide inglobato, proveniente da fenomeni gravitativi recenti e superficiali.

I termini basali sono costituiti da argille, marne silicifere e calcilutiti con rare intercalazioni di diaspri grigi e rossastri.

Verso l'alto si ha un'alternanza di argille e argille marnose di colore rosso e verde, spesso scagliose, associate a calcareniti micacee, calcilutiti torbiditiche e talora diaspri. Le calcareniti sono di colore grigio scuro e presentano impronte da carico e da corrente alla base degli strati.

Nella parte sommitale sono frequenti le intercalazioni di arenarie micacee e arenarie tuffitiche che presentano un caratteristico colore marrone scuro.

La letteratura scientifica indica per questa formazione, per quanto l'elevato grado di tettonizzazione non consenta misurazioni precise, uno spessore dell'ordine dei 500 metri.

Formazione del Flysch della Daunia (Miocene)

La Formazione della Daunia, conosciuta anche come Flysch di Faeto, appartiene alla successione sedimentaria dell'Unità Irpina.

E' un flysch torbiditico prevalentemente calcareo - marnoso 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 con colori che vanno dal verde chiaro al grigio, al biancastro. Sono presenti anche litotipi brecciosi e calciruditi intraformazionali.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 12 di 70

Questa formazione affiora estesamente nella porzione centrale e meridionale dell'area di studio, caratterizzando gran parte dei rilievi del margine appenninico interessato direttamente o indirettamente dal tracciato della condotta elettrica. Esposizioni significative si rilevano sui versanti del rilievo di Pila del Toppo, lungo il crinale di Serra Pignataro, lungo il fosso Vallone Pescione e su alcuni rilievi che bordano verso sud la piana alluvionale del Torrente Calaggio.

Depositi marini di 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 in parte cementati con livelli sabbiosi di spessore variabile. I conglomerati passano verso l'alto, in continuità stratigrafica, a **sabbie** disposte in strati in parte 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. Le argille subappennine affiorano abbondantemente nella parte orientale dell'area indagata caratterizzando soprattutto le morfologie 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, in località Serra Palino e in corrispondenza della Stazione elettrica di Deliceto, da un conglomerato poligenico e polidimensionale con frequenti livelli sabbiosi cementati.

Depositi continentali

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

I sedimenti alluvionali sono presenti sia come depositi recenti e attuali, lungo i principali fiumi, 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

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 13 di 70

calcarea e arenacea e di dimensioni variabili dai pochi centimetri al decimetro. Sono depositi che caratterizzano le piane alluvionali presenti lungo il Torrente Calaggio (Carapelle) e i suoi principali affluenti (Vallone della Scafa, Torrente Canneto, Torrente Frugno, Fosso Tufara, ecc.)

I depositi alluvionali terrazzati si rilevano in affioramenti soprattutto nella parte settentrionale dell'area studiata. Due ampi terrazzi fluviali sono presenti sul lato sinistro del Torrente Calaggio: il primo in località Serra Palino, occupando un'estesa superficie tutto intorno al rilievo morfologico della Serra, il secondo in corrispondenza della Masseria Valle Comune, a est del rilievo Serro di Montecalvo. Questi depositi 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 molto degradate di altezza variabile intorno ad alcuni metri.

I depositi di frana sono presenti soprattutto sui versanti appenninici, nelle aree di affioramento sia della Formazione della Daunia che delle Argille Varicolori. Si rilevano, comunque, con minore frequenza anche sui depositi pliocenici. 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 sabbioso – argillosi con isolati elementi lapidei di varie dimensioni. Sulle successioni plioceniche hanno una natura essenzialmente argillosa e sabbiosa. Il loro spessore è funzione sia della pendenza del versante, sia della tipologia del dissesto che dei terreni coinvolti.

I detriti superficiali eluvio – colluviali si riscontrano su tutti i versanti 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 polidimensionali. Lo spessore del detrito varia, in funzione della pendenza dei versanti, dai pochi decimetri ad alcuni metri. Un detrito prettamente eluviale derivante dalla degradazione e alterazione del substrato fliscioide è stato rilevato e cartografato, nella porzione più meridionale del tracciato,.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 14 di 70

7 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 Campano - Lucano, 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 di 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.

Dal rilievo geologico eseguito in campagna, dalla consultazione della letteratura scientifica e del catalogo dell'ISPRA (progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) non risultano presenti nell'area di studio faglie attive o capaci.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 15 di 70

8 GEOMORFOLOGIA E STABILITÀ DEI VERSANTI

I rilievi morfologici, condotti tramite aerofotointerpretazione e rilevamenti di campagna, hanno consentito di evidenziare aree caratterizzate da un'intensa attività franosa. Sulla carta morfologica (DEFR10015BASA00252_03_3), prodotta a seguito dei rilievi effettuati su tutta l'area d'indagine, sono state riportate tutte le aree in frana distinte per stato di attività. Tali rilievi sono stati preceduti dalla consultazione delle tavole dell'**IFFI** (Inventario dei fenomeni franosi in Italia -ISPRA) e delle tavole delle Carte Idrogeomorfologica della Regione Puglia redatte dall'Autorità di Bacino della Puglia. La gran parte dei movimenti rilevati e riportati in cartografia possono essere classificati come frane attive, altre come frane quiescenti, che attualmente non sono attive ma che sono ancora potenzialmente riattivabili. Altri dissesti sono stati classificati come inattivi o naturalmente stabilizzati, nel senso che l'agente morfogenetico che ha provocato il dissesto ha esaurito la propria attività. Queste frane 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.

Particolare attenzione è stata rivolta al rilevamento delle frane attive nel periodo di rilevamento (aprile - giugno 2011 e aprile - maggio 2013), classificate come tali perché interessate da processi ancora in atto. Mentre le frane attive di prima generazione sono morfologicamente ben evidenti e quindi facilmente rilevabili, quelle antiche riattivate sono classificabili come tali solo sulla base di un rilevamento dello stato di fessurazione delle strutture ed infrastrutture.

Le aree maggiormente interessate da dissesti gravitativi sono soprattutto quelle della porzione centrale e meridionale del tracciato della condotta elettrica.

La stabilità e la dinamica evolutiva dei versanti dipendono da fattori legati al clima, alle condizioni idrogeologiche, alla sismicità e variano notevolmente in funzione della natura litologica e della storia tettonica delle varie unità affioranti nell'area.

Sulla base delle zone di affioramento delle diverse litologie è possibile distinguere, pertanto, aree caratterizzate da una diversa evoluzione morfologica dei versanti, da ben definite tipologie franose e da una differente estensione e intensità dei dissesti.

Nelle aree in cui affiorano i depositi clastici plio - pleistocenici dell'Avanfossa Bradanica, rappresentati da sedimenti argillosi, sabbiosi e conglomeratici, si rileva un'attività franosa importante in corrispondenza di versanti con maggiori pendenza. Questi dissesti sono particolarmente diffusi in corrispondenza dei versanti posti a est del rilievo di Serro Montecalvo, sui versanti meridionali di Serra Pomezio. In questo caso le frane rilevate possono essere classificate come scorrimenti rotazionali, rototraslazionali e traslazionali, spesso evolventi verso monte con

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 16 di 70

modalità retrogressiva e verso valle con colate. Gli scorrimenti rotazionali e traslazionali sono caratterizzati da movimenti di grandi masse lungo superfici di scorrimento circolari o lungo piani di debolezza preesistenti. I corpi di frana più antichi o hanno subito riattivazioni oppure sono stati morfologicamente degradati da successivi processi erosivi.

Sulle pendici del rilievo di Serra Palino, in presenza di terreni argillosi plio – pleistocenici, si rilevano scorrimenti traslazionali superficiali che coinvolgono i livelli alterati e degradati del substrato.

Nelle aree dove affiorano terreni fliscoidi a diverso contenuto pelitico (Flysch della Daunia) la tipologia di frana prevalente è strettamente connessa alla natura litologica ed al grado di fratturazione. In particolare là dove le predette formazioni sono essenzialmente lapidee, i pendii sono caratterizzati da movimenti di massa che imprimono improvvise accelerazioni alla dinamica morfogenetica dei versanti e che si producono essenzialmente mediante crolli, ribaltamenti e scorrimenti traslazionali. I crolli si verificano essenzialmente in corrispondenza di scarpate verticali. Tali tipologie di frana hanno come principale causa i frequenti e intensi terremoti e i periodici eventi critici di pioggia. Gli scorrimenti traslazionali avvengono lungo superfici di scorrimento coincidenti con sottili livelli argillosi presenti fra gli strati lapidei, mentre i ribaltamenti e i crolli sono fortemente condizionati dal tipo e grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Dove prevale la frazione pelitica, la propensione al dissesto è notevole ed è determinata dalle caratteristiche geomeccaniche delle argille. I dissesti tipici di questi terreni sono rappresentati da frane per scorrimento traslazionale e per colamento. Nell'area di studio questi dissesti sono stati rilevati sui versanti settentrionali e occidentali di Monte Calaggio, sul versante sinistro del Vallone del Melillo e sul versante destro del Vallone della Toppa, o, in generale, in corrispondenza dei versanti maggiormente inclinati e in presenza di un substrato rappresentato dai livelli più argillosi della Formazione della Daunia.

Nelle aree dove affiorano i terreni argilloso - marnosi e, strutturalmente complessi (Formazione delle Argille Varicolori) la franosità è diffusa e intensa ed è caratterizzata da frane generalmente attive, specie a seguito di eventi di pioggia critici. Tale rilevante propensione al dissesto è determinata dalla natura prevalentemente argillosa e da intensa e diffusa fessurazione e deformazione, dovute alla complessa storia geologica.

Le tipologie di frana più diffuse nei terreni argilloso - marnosi delle Argille Varicolori sono rappresentate dai colamenti. Particolarmente presenti sono le colate di terra che presentano meccanismi di movimento prevalentemente traslazionale (mudslides). In questo caso il materiale coinvolto nel movimento è costituito da terreni argillosi fortemente degradati e destrutturati. Lo spessore del materiale di frana è molto variabile e il movimento avviene su una superficie di scorrimento ben definita. Sulla base della morfologia delle zone di accumulo, prevalentemente estesa in lunghezza e con scorrimento in linee d'impluvio, la maggior parte delle colate

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto aereo 380 kV “Bisaccia – Deliceto Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 17 di 70

traslazionali può essere classificata come colamenti incanalati. Meno frequenti sono le colate di fango. Queste si presentano di spessore limitato e con superfici di scorrimento non ben definite. Hanno minori dimensioni rispetto alle precedenti e pertanto sono più facilmente soggette a degradazione morfologica e quindi di difficile individuazione.

Esempi molto evidenti di colate sulle Argille Varicolori sono rilevabili:

- sui versanti del Vallone del Caprio
- sul versante sinistro del vallone della Toppa
- sui versanti del Vallone del Melillo
- sui versanti del Vallone Sica
- sui versanti a monte dell'area industriale di Lacedonia.

In gran parte di queste aree le frane rilevate sono attualmente attive.

Dove i versanti argillosi presentano basse pendenze, sono presenti fenomeni di creep che coinvolgono i livelli più superficiali e più degradati dell'affioramento.

9 CARATTERI IDROGRAFICI

L'area di studio ricade interamente all'interno del bacini idrografico del Torrente Calaggio. Questo corso d'acqua nasce sulle pendici del monte La Forma (m 864), in agro di Vallata, dopo aver percorso i territori di Bisaccia e di Lacedonia, scorre in provincia di Foggia, prendendo il nome di Carapello, attraversa il Tavoliere foggiano e va a finire nell'Adriatico, dove sfocia nel Golfo di Manfredonia.

Il reticolo idrografico evidenziato riflette la permeabilità dei terreni affioranti. E' presente in reticolo idrografico poco ramificato in gran parte dell'area studiata determinato dalla presenza di terreni con una media permeabilità primaria o secondaria. Un reticolo idrografico molto sviluppato si riscontra in corrispondenza degli affioramenti delle Argille Varicolori, dei termini più pelitici della Formazione Dauna e nell'area bradanica in presenza delle Argille plio - pleistoceniche.

Il Torrente Calaggio è un corso d'acqua tipicamente a carattere torrentizio. Nel tratto appenninico 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. E' alimentato da più affluenti, sia in destra che in sinistra orografica; nell'area indagata i principali sono, da sud verso nord: il Vallone della Scafa, Vallone Pasciuti, Rio Contillo, Torrente Canneto, Rio Specca, Torrente Frugno, Fosso Tufara e Fosso Viticone.

10 CARATTERI IDROGEOLOGICI CON INDICAZIONI DI VULNERABILITÀ

Lo studio dell'idrogeologia dell'area interessata dal tracciato del nuovo elettrodotto ha evidenziato i principali caratteri idrogeologici dei terreni. La costruzione della relativa Carta Idrogeologica è stata elaborata attraverso una procedura che ha seguito, nelle linee generali, le metodiche indicate dal Quaderno n°5 del Servizio Geologico Nazionale "Carta Idrogeologica d'Italia – Guida al Rilevamento e alla rappresentazione". In particolare, dalle diverse tavole previste dalla Guida n°5, è stata elaborata la Tavola della Carta dei Complessi idrogeologici (elaborati 3) distinti in funzione della loro permeabilità e del loro grado di vulnerabilità.

Nello schema proposto i terreni sono stati suddivisi in complessi idrogeologici. Un Complesso Idrogeologico può essere definito come l'insieme di termini litologici simili, aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente in comune e un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variabilità piuttosto ristretto (Civita, 1973).

La differenziazione tra un complesso e l'altro è data dal grado di permeabilità relativa, indipendentemente dal tipo. Sono stati previsti tre gradi di permeabilità relativa definiti tenendo conto sia di parametri statistici sia del confronto con gli altri complessi adiacenti. Nella classificazione proposta il grado di permeabilità è stato suddiviso in Alto, Medio e Basso e assegnato suddividendo i diversi complessi per tipologia di permeabilità prevalente tra Complessi dotati di permeabilità primaria (per porosità) prevalente e Complessi dotati di permeabilità secondaria (per fessurazione) prevalente.

A questi complessi sono stati ricondotti i diversi corpi geologici cartografati nella carta geologica.

n.	Complessi idrogeologici	Permeabilità						Descrizione
		Primaria			Secondaria			
		Alta	Media	Bassa	Alta	Media	Bassa	
1	Detritico alluvionale	X						Terreni di frana, detrito, alluvioni recenti e antiche
2	Conglomeratico o sabbioso	X						Sabbie e conglomerati pliocenici e pleistocenici
3	Calcareo arenaceo argilloso					X		Formazione della Daunia
4	Argilloso marnoso						X	Argille Varicolori

5	Argilloso plio - pleistocenico			X					Argille Subappennine
---	--------------------------------	--	--	---	--	--	--	--	----------------------

Falde idriche importanti, con piezometrica ad alcuni metri dal piano campagna, sono presenti solo in presenza delle alluvioni dei principali corsi d'acqua del Torrente Calaggio e dei suoi principali affluenti, e in corrispondenza dei depositi alluvionali terrazzati. Falde possono essere presenti all'interno dei depositi sabbiosi pliocenici, affioranti lungo la fascia di passaggio fra i terreni appenninici e quelli di Fossa Bradanica. Non si registrano sorgenti importanti.

La vulnerabilità delle falde acquifere è stato definito sulla base delle caratteristiche medie di permeabilità e delle condizioni prevalenti di affioramento ed è rappresentato da un indice di vulnerabilità specifica dei diversi Complessi. Nel dettaglio le classi di vulnerabilità assegnate ai complessi sono riportate nella seguente tabella della Vulnerabilità dei Complessi idrogeologici:

N.	Complessi	Vulnerabilità		
		Alta	Media	Bassa
1	Detritico - alluvionale	X		
2	Conglomeratico sabbioso	X		
3	Calcareao – arenaceo - argilloso		X	
4	Argilloso - marnoso			X
5	Argilloso pleistocenico			X

La vulnerabilità della falda acquifera superficiale è pertanto da considerarsi, salvo per le aree contraddistinte da un sottosuolo argilloso, mediamente elevata.

La linea elettrica intercetta le aree a maggiore vulnerabilità nella porzione mediana e settentrionale del tracciato.

11 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di

- ricostruire il modello geolitologico del sottosuolo dei differenti domini geolitologici, con individuazione dello spessore della copertura detritica e quindi la profondità del substrato
- ricostruire le geometrie dei vari livelli litologici presenti
- ottenere la caratterizzazione sismica del sito come previsto dalle Norme Tecniche del 14/01/2008
- ottenere la caratterizzazione geotecnica dei terreni

sono state consultate precedenti campagne geognostiche eseguite per i vari parchi eolici presenti lungo il tracciato ed eseguite, sulla scorta delle conoscenze acquisite dalle indagini pregresse ed ad integrazione delle stesse, ulteriori indagini sia dirette che indirette. Le prime sono consistite in 4 sondaggi meccanici con prelievo di 5 campioni analizzati in laboratorio geotecnico; le seconde in 6 sismiche a rifrazione in onde P e in 6 MASW.

11.1 Indagini pregresse

Le indagini pregresse prese in considerazione ai fini della modellazione geolitologica e geotecnica dei terreni attraversati dall'elettrodotto Bisaccia - Deliceto fanno parte delle seguenti campagne geognostiche:

1. Sondaggi geognostici e prove di laboratorio per il Parco Eolico della ditta FRI – EL S. AGATA S.R.L.,
2. Sondaggi geognostici e prove di laboratorio per il Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work
3. Sondaggi geognostici e prove di laboratorio per il Parco Eolico Deliceto della ditta GIERRET Srl
4. Sondaggi geognostici e prove di laboratorio per il Parco Eolico del Progetto Manet
5. Sondaggi geognostici per il progetto della Stazione Elettrica 380/150kV di Deliceto

Il primo è stato eseguito nel 2004 nel territorio di Sant'Agata di Puglia (FG), in due distinte località:

- S. Maria di Olivola, nella zona sud del territorio comunale,
- Palino, nella zona nord

Sono stati effettuati complessivamente 18 sondaggi, 9 per ogni località. I primi ricadono su terreni appenninici, essenzialmente argillitici, i secondi sui depositi argillosi e sabbiosi plio pleistocenici di fossa. Ai fini di questo studio è stato considerato il sondaggio **S4** e i relativi campioni analizzati in laboratorio.

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto aereo 380 kV “Bisaccia – Deliceto Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 22 di 70

I Sondaggi geognostici per il Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work sono state eseguiti nel 2011 nel territorio comunale di Deliceto (FG) nelle località Viticone, Iannuzzi e Pozzo Salito. Sono stati effettuati 6 sondaggi, tutti ricadenti sui depositi argillosi e sabbiosi plio – pleistocenici di fossa. Ai fini di questo studio sono stati presi in considerazione i seguenti sondaggi: **S10, S15, S16 e S17** e i relativi campioni analizzati in laboratorio.

I sondaggi meccanici eseguiti per il Parco Eolico Deliceto della ditta GIERRET Srl sono stati realizzati nel 2007 nel territorio di Deliceto (FG) in località Serrolungo e Serro Montecalvo. Di questi sondaggi solo alcuni (**S8, S10, S11 e S12**) ricadono in prossimità dell’area di studio dell’elettrodotto, lungo il margine di fossa bradanica, interessando sia i depositi plio – pleistocenici che quelli appenninici.

I sondaggi del Parco Eolico del Progetto Manet sono stati eseguiti nel 2010 nel territorio comunale di Deliceto (FG) in località Piano Amendola. Di questa campagna di indagine sono stati considerati i sondaggi eseguiti per la Sottostazione elettrica (**SSE-S1, SSE-S2 e SSE-S3**). Questi tre sondaggi ricadono su terreni prevalentemente argillosi del plio – pleistocenico bradanico.

I sondaggi geognostici realizzati per il progetto della Stazione Elettrica 380/150kV di Deliceto sono stati eseguiti nel 2009 all’interno dell’area interessata dall’impianto della Stazione Elettrica. Sono stati effettuati 5 sondaggi meccanici (**S1, S2, S3, S4 e S5**), tutti approfonditi a 30m e ricadenti sui depositi conglomeratici sovrastanti le argille plio –pleistoceniche bradaniche.

Le stratigrafie di tutte le indagini considerate e le relative prove di laboratorio sono riportate nell’elaborato DEFR10015BASA00252_03_5 (Allegato 1: Indagini pregresse)

11.2 Sondaggi meccanici eseguiti

La programmazione ed ubicazione dei nuovi sondaggi è stata fatta a valle dello studio delle indagini pregresse. Sono stati, pertanto, realizzati 4 sondaggi meccanici a rotazione, ubicati nelle aree meno indagate dalle indagini pregresse, in corrispondenza degli affioramenti più rappresentativi. I sondaggio S1, S2 e S3 sono stati terebrati sui terreni argillosi della successione delle Argille Varicolori, in differenti contesti geomorfologici; il sondaggio S4 è stato eseguiti sui depositi alluvionali terrazzati. L’ubicazione dei quattro 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 aprile 2013. Le stratigrafie ricavate e la documentazione fotografica sono riportate nell’elaborato DEFR10015BASA00252_03_6 (Allegato 2: Sondaggi meccanici).

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 23 di 70

La profondità massima investigata è di 15 metri. Nei primi tre 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 **S1**, ubicato in un'area Pg1, al limite di un'area Pg2, a quota di 883 m, su un versante a monte della SS 92. La stratigrafia ha evidenziato la presenza di un deposito detritico superficiale di circa 1.20 metri, al di sotto del quale è stato rinvenuto, fino a fondo foro una successione di argille scagliose di colore variabile dal verdastro al rossiccio e al grigiastro, alternato a livelli marnoso – calcarei. In questo sondaggio sono stati prelevati 2 campioni indisturbati alle profondità di 4.00 metri e 9.30 metri, rispettivamente in un livello argilloso scaglioso con marna e in uno essenzialmente argilloso scaglioso.

Il sondaggio **S2** è ubicato a nord rispetto all'abitato di Bisaccia, in località Serro La Croce, lungo la strada comunale che va verso Mass.a Sollazzo, alla quota di circa 800 m s.l.m. Ha raggiunto una profondità di 12 metri dal piano campagna. Nella stratigrafia è stato individuato un detrito per circa 1 metro, seguito, da una successione costituita da livelli marnoso – calcarei alternati a livelli argillosi scagliosi. Oltre i 7 metri e fino a fondo foro la stratigrafia è caratterizzata da marne argille scagliose.

La presenza dell'alternanza di livelli argillosi e lapidei nei primi 7 metri non ha consentito di prelevare campioni all'interno del substrato fliscioide. E' stato prelevato un solo campione all'interno del livello marnoso argilloso alla profondità di 7.5 m. Questa descrizione stratigrafica è rappresentativa della successione stratigrafica del Flysch della Daunia.

Il sondaggio **S3** è stato eseguito lateralmente ad una strada comunale di Bisaccia in località Difesa Malandrino, ad una quota di 625 m. La stratigrafia ha evidenziato la presenza di un deposito detritico superficiale di circa 0.50 metri, al di sotto del quale è stato rinvenuto, fino a fondo foro, posto a 14.50 dal p.c., una successione di argille scagliose con frequenti livelli marnosi e calcarenitici. Le argille si presentano di colore variabile dal grigiastro al rossastro mentre i livelli lapidei sono costituiti calcareniti grigiastre, calcari e marne calcaree. In questo sondaggio sono stati prelevati 2 campioni indisturbati alle profondità di 3.50 metri e 8.50 metri, entrambi nella successione di argilla scagliosa. Questa descrizione stratigrafica è rappresentativa della successione stratigrafica delle Argille Varicolori.

Il sondaggio **S4** è stato terebrato nel territorio comunale di Sant'Agata di Puglia, in località Palombara, ad una quota di 290 m. Il sondaggio ha evidenziato la presenza di un deposito ciottoloso sabbioso con elementi lapidei arrotondati di dimensioni da centimetriche a decimetriche e di natura essenzialmente calcarea. A tratti sono presenti livelli decimetrici di sabbia grossolana con scarsi ciottoli. Questa successione caratterizza i depositi alluvionale terrazzati. Per la natura dei sedimenti non è stato possibile prelevare campioni.

11.3 Prove di laboratorio geotecnico

11.3.1 Prove geotecniche da indagini pregresse

Ai fini di ottenere dei valori rappresentativi di litologie presenti nell'area di studio o nella sua prossimità sono stati considerati alcuni campioni prelevati nelle seguenti campagne geognostiche:

1. Sondaggi geognostici per il Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work (PED_DW)
2. Sondaggi geognostici e prove di laboratorio per il Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)
3. Sondaggi geognostici per il Parco Eolico Deliceto della ditta GIERRET Srl (PED_GR)
4. Sondaggi geognostici per il Parco Eolico della ditta FRI – EL S. AGATA S.R.L. (PE_FRI)

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

- (A) Argille grigio azzurre appartenenti alle Argille Plioceniche
- (AA) Argille grigio azzurre alterate appartenenti alle Argille Plioceniche
- (LS) Limo sabbioso argilloso appartenente alla successione delle Sabbie Plioceniche
- (AV) Argille scagliose della successione appenninica delle Argille Varicolori

Nella tabella seguente si riportano i campioni considerati, maggiormente rappresentativi, con riferimento alla campagna geognostica ed alle litologi di appartenenza

Campione	Sondaggio	Campagna geognostica	Litologie di appartenenza
C1	S15	Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work (PED_DW)	Argille plioceniche alterata (AA)
C2	S15	Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work (PED_DW)	Argille plioceniche (A)
C3	S15	Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work (PED_DW)	Argille plioceniche (A)
C1	S16	Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work (PED_DW)	Sabbie plioceniche (LS)
C2	S16	Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work (PED_DW)	Argille plioceniche (A)
C3	S16	Parco Eolico Deliceto della ditta Daunia Work (PED_DW)	Argille plioceniche (A)
C1	SSE-S1	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Sabbie plioceniche (LS)
C2	SSE-S1	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Argille plioceniche (A)
C3	SSE-S1	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Argille plioceniche (A)
C1	SSE-S2	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Argille plioceniche alterata (AA)
C2	SSE-S2	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Argille plioceniche alterata (AA)
C3	SSE-S2	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Argille plioceniche (A)
C2	SSE-S3	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Argille plioceniche

			alterata (AA)
C3	SSE-S3	Parco Eolico del Progetto Manet (PE_PM)	Argille plioceniche (A)
C1	S1	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Sabbie plioceniche (LS)
C2	S1	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Argille scagliose (AV)
C1	S4	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Sabbie plioceniche (LS)
C4	S4	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Argille scagliose (AV)
C1	S6	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Sabbie plioceniche (LS)
C2	S6	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Argille scagliose (AV)
C3	S10	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Argille scagliose (AV)
C1	S11	Parco Eolico Deliceto GIERRET (PED_GR)	Argille scagliose (AV)
C1	S4	Parco Eolico FRI-EL S.AGATA (PE_FRI)	Argille scagliose (AV)

Nella tabella seguente si riportano i parametri geotecnici dei campioni considerati distinti nelle classi litologiche individuate.

Valori geotecnici RAGGRUPPATI PER CLASSI LITOLOGICHE (da indagini pregresse)											Taglio diretto CD	
	W	γ_w	γ_{sat}	γ_s	Sr	LL	LP	IP	lc	c'	ϕ'	
Litologia		KN/m ³	KN/m ³		%	%	%	%		KPa	°	
(AA) Argille plioceniche alterate												
C1 – S15 (PED_DW)	34.3	18.4		2.71	99	120	38	83	1.04	13.5	19	
C1 - SSE-S2 (PE_PM)	24.4	19.5	19.7		95.3	63	22			18.8	15.04	
C2 - SSE-S2 (PE_PM)	19.0	20.7	20.8		96.7	46	18			30.2	16.3	
C2 - SSE-S3 (PE_PM)	22.5	20.3	20.3		99.6	60	26			13.7	16.6	
Valori medi	25	19.7	20.2	2.7	99	72	26	83	1.0	19.0	19	
(A) Argille plioceniche												
C2 – S15 (PED_DW)	24.2	19.8		2.73	97	56.1	23.2	32.9	0.97	26	14	
C3 – S15 (PED_DW)	24.6	19.3		2.73	92	55.2	23.3	31.9	0.96	24.9	16.5	
C2 – S16 (PED_DW)	23.5	19.8		2.72	100	83	27	56	1.06	28	16.5	
C3 – S16 (PED_DW)	19.3	19.8		2.72	86	50	21	29	1.07			
C2 - SSE-S1 (PE_PM)	17.3	20.5	20.8		91	46	18			71.4	16.8	
C3 - SSE-S1 (PE_PM)	18.4	20.9	21.0		99	44	19			37.3	15.5	
C3 - SSE-S2 (PE_PM)	16.2	21.1	21.2		96.7					46.7	17.7	
C3 - SSE-S3 (PE_PM)	21.4	20.6	20.6		99.9					20.1	16.01	
Valori medi	20.6	20.2	20.9	2.72	94	56	21	42	1.01	36.3	16.1	
(LS) Sabbie plioceniche												
C1 – S16 (PED_DW)	26	19.7		2.72	100	83	28	55	1.03	26	16	
C1 - SSE-S1 (PE_PM)	22	19.8	20.3		93.5	44	22	13		24	16.25	
C1 –S1 (PED_GR)	26	17.8	18.7		80					28.4	26.4	
C1 –S4 (PED_GR)	17	19.3	20.2		77					27.7	26.8	
C1 –S6 (PED_GR)	17	19.8	20.4		82					30.1	24.7	
Valori medi	21.6	19.3	19.9	2.72	84.7	63.5	25	34	1.03	27.2	22	
(AV) Argille Varicolori												
C2 - S1 (PED_GR)	29.6	19.1	19.1		100					32.3	22.3	
C4 - S4 (PED_GR)	26.7	19	19.2		94					32.6	24.3	
C2 - S6 (PED_GR)	20.2	19.8	20.1		90					27.6	25.1	
C3 - S10 (PED_GR)	29.1	19.2	19.2		100					30.3	24.4	
C1 - S11 (PED_GR)	24.4	19.5	19.6		96					33.4	24.0	
C2 - S4 (PE_FRI)	22	20.6	23.0		46.2					89	24	
Valori medi	25.3	19.5	20		96					40.9	24	

11.3.2 Prove geotecniche da indagini eseguite

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

- (FD) Argille scagliose (livello prevalentemente argilloso del Flysch della Daunia)
- (AV) Argille scagliose (Argille Varicolori)

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 – S1, prelevato alla profondità di 4.00 m dal piano campagna, all'interno di un livello argilloso scaglioso della successione delle Argille Varicolori (AV)
- C2 – S1, prelevato alla profondità di 9.30 m dal piano campagna, all'interno delle argille scagliose delle Argille Varicolori (AV)
- C1 – S2, prelevato alla profondità di 7.50 m dal piano campagna, all'interno di una marna argillosa scagliosa appartenente alla formazione del Flysch della Daunia (FD)
- C1 – S3, prelevato alla profondità di 3.50 m dal piano campagna, all'interno di un livello di argilla scagliosa delle Argille Varicolori (AV).
- C2 – S3, prelevato alla profondità di 8.50 m dal piano campagna, all'interno di un livello di argilla scagliosa (delle Argille Varicolori (AV).

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 ad esclusione del campione C2S1. 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'elaborato DEFR10015BASA00252_03_7 (Allegato 3: Analisi di laboratorio geotecnico) .

Il campione **C1–S1** è classificabile in base alle analisi granulometriche come un'argilla limosa. La frazione argillosa del campione appartiene, in base alla carta di plasticità di Casagrande, alla classe dei 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 6,6 KPa mentre l'angolo d'attrito pari a 15,2°.

Il campione **C2– S1** è un'argilla limosa. La frazione argillosa si pone, nella carta di plasticità di Casagrande, nel campo delle argille inorganiche ad alta compressibilità. Con il taglio diretto consolidato drenato è stato individuato un valore di coesione pari a 18.6 kPa e un basso valore di angolo d'attrito pari a 12.8°.

Il campione **C1–S2** è una sabbia argilloso ghiaiosa. Questi terreni sono classificati, in base alla carta di plasticità di Casagrande, come argille inorganiche a media compressibilità. La prova di

taglio diretto consolidata e drenata eseguita sul campione indisturbato ha verificato le buone caratteristiche di resistenza: il valore di coesione è risultato pari a 2,2 KPa mentre l'angolo d'attrito pari a 32,6°.

Il campione **C1-S3** è classificato come un'argilla sabbiosa con limo. La frazione argillosa del campione appartiene alla classe delle argille inorganiche a media compressibilità. Il valore di coesione e di angolo di attrito ottenuto attraverso una prova di taglio diretto CD sono pari rispettivamente a 5.4.5 kPa e 17.1°.

Il campione **C2- S3** è un'argilla con limo. La frazione argillosa si pone, nella carta di plasticità di Casagrande, nel campo delle argille inorganiche ad alta compressibilità. Con il taglio diretto consolidato drenato è stato individuato un valore di coesione pari a 9.9 kPa e un angolo d'attrito di 12.6°.

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

campioni	descrizione litologica	Classe litologica di appartenenza	W (%)	γ_v (Kn/m ³)	γ_{sat} (Kn/m ³)	γ_s	Sr (%)
C1 S1	Argilla limosa	AV – Argille Varicolori	27.4	17.3	18.4	2.73	77
C2 S1	Argilla limosa	AV – Argille Varicolori	19.5	19.7	20.3	2.73	85
C1 S2	Sabbia argilloso ghiaiosa	FD – Flysch della Daunia	18.5	18.9	19.8	2.69	76
C1 S3	Argilla sabbiosa con limo	AV – Argille Varicolori	19.3	19.4	20.1	2.70	83
C2 S3	Argilla con limo	AV – Argille Varicolori	13.9	21.1	21.5	2.72	86

campioni	classe litologica	granulometria				limiti				tg cd	
		Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL	LP	IP	Ic	c' KPa	ϕ'
C1 S1	AV	0.9	1.8	16.1	81.2	59.2	32.0	27.2	1.17	6.6	15.2
C2 S1	AV	0.0	0.2	14.4	85.4	55.0	27.5	27.5	1.29	18.6	12.8
C1 S2	FD	13.7	53.7	13.3	19.3	34.1	22.6	11.5	1.36	2.2	32.6
C1 S3	AV	1.2	24.6	28.4	45.8	46.8	24.5	22.3	1.23	5.4	17.1
C2 S3	AV	0.4	2.0	36.7	60.9	53.2	26.3	26.9	1.46	9.9	12.6

Nella tabella seguente si riportano i parametri geotecnici dei campioni considerati distinti nelle tre classi litologiche individuate.

Valori geotecnici RAGGRUPPATI PER CLASSI LITOLOGICHE										Taglio diretto CD	
	W	γ_v	γ_{sat}	γ_s	Sr	LL	LP	IP	Ic	c'	ϕ'
Litologia		KN/m ³	KN/m ³		%	%	%	%		KPa	
(FD) Argilla del Flysch della Daunia											
C1 S2	18.5	18.9	19.8	2.69	76	34.1	22.6	11.5	1.36	2.2	32.6
Valori medi	18.5	18.9	19.8	2.69	76	34.1	22.6	11.5	1.36	2.2	32.6
(AV) Argille Varicolori											
C1 S1	27.4	17.3	18.4	2.73	77	59.2	32.0	27.2	1.17	6.6	15.2
C2 S1	19.5	19.7	20.3	2.73	85	55.0	27.5	27.5	1.29	18.6	12.8
C1 S3	19.3	19.4	20.1	2.70	83	46.8	24.5	22.3	1.23	5.4	17.1
C2 S3	13.9	21.1	21.5	2.72	86	53.2	26.3	26.9	1.46	9.9	12.6
Valori medi	20.0	19.37	20.1	2.72	83	53.6	27.6	25.9	1.28	10.12	14.42

11.3.3 Caratteristiche geotecniche rappresentative

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le caratteristiche geotecniche, distinte per classi litologiche, ottenute dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati nei sondaggi eseguiti e in quelli pregressi. In assenza, per ogni classe litologica, di un numero sufficiente di campioni per calcolare tramite analisi statistica i valori caratteristici, i parametri geotecnici rappresentativi delle varie classi litologiche sono stati individuati considerando quelli medi. Per le Argille Varicolori è stata considerata una media dei valori fra quelli individuati dall'analisi dei sondaggi pregressi e quelli derivati dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nella campagna di indagine eseguita per questo studio.

Pur non essendo fondamentali ai fini delle analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, si riportano anche le caratteristiche geotecniche rappresentative dei depositi alluvionali, derivanti da indagini pregresse.

Principali parametri geotecnici rappresentativi			Taglio diretto CD	
	γ_v	γ_{sat}	c'	ϕ'
Litologia	KN/m ³	KN/m ³	KPa	°
(FD) Argille del Flysch della Daunia	18.9	19.8	2.2	32.6
(AV) Argille Varicolori	19.45	20.1	25.5	19.22
(LS) Sabbie plioceniche	19.3	19.9	27	22
(A) Argille plioceniche	20.2	20.9	36.3	16.1
(AA) Argille plioceniche alterate	19.7	20.2	19.0	19
(AL) Alluvioni (da indagini pregresse)	19.6	20.0	0	30

Per le argille scagliose della Formazione delle Argille Varicolori si considerano, inoltre, i seguenti valori resistenza al taglio residuo ottenuti da precedenti lavori eseguiti in aree limitrofe nel medesimo contesto geolitologico di quello presente nell'area di studio: $c = 0.2 \text{ kN/m}^2$ e $\phi = 15.0^\circ$.

11.4 Sismica superficiale

La campagna geognostica a carattere geofisico finalizzata alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti nell'area di studio, è consistita in 6 Base Sismica a Rifrazione di Superficie e in 6 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 (elaborato DEFR10015BASA00252_03_8 - Allegato 4: Indagine geofisica) mentre la loro ubicazione è riportata nelle tavole geologiche. A seguire si riportano in sintesi principali risultati ottenuti.

11.4.1 Sismica a rifrazione

Le sismiche a rifrazioni eseguite hanno consentito di ricostruire le sezioni sismo - stratigrafiche in corrispondenza dei 6 stendimenti.

Nella **base sismica 1**, ubicata in prossimità del sostegno n. 17, sono stati individuati tre distinti sismostrati:

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 0,30 - 2,10 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 386 m/s. Questo livello lento corrisponde alla copertura detritica superficiale;
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde P, pari a 652 m/s con base posta a profondità variabile compresa tra 2,80 m e 5,40 m. Si tratta di terreni di bassa rigidità sismica riferibili al substrato fliscioide alterato;
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde P pari a 1533 m/s, corrispondente al substrato fliscioide a prevalente componente pelitica.

Nella **base sismica 2**, ubicata a monte del sostegno 29, sono stati individuati tre distinti sismostrati:

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 1,00 - 1,60 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 350 m/s, corrispondente ai depositi detritici;
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde P, pari a 1224 m/s con base posta a profondità variabile compresa tra 2,40 m e 4,60 m e appartenente alla successione alterata del flysch;
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde P pari a 1995 m/s e riferibile al substrato fliscioide a prevalente componente pelitica.

Nella **base sismica 3**, eseguita a valle del sostegno 37, sono stati individuati tre sismostrati:

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 1,20 - 2,30 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 303 m/s appartenente alla copertura detritica;
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde, pari a 1052 m/s con base posta a profondità variabile compresa tra 5,10 m e 6,80 m, corrispondente al livello alterato del substrato fliscioide;
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1700 m/s riferibile al substrato fliscioide con prevalenza componente pelitica

Nella **base sismica 4**, eseguita in prossimità del sostegno n. 51, sono stati individuati i seguenti sismostrati

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 0,90 - 2,50 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 426 m/s e riferibile alla copertura detritica;
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde P, pari a 858 m/s con base posta a profondità variabile compresa tra 7,10 m e 8,70 m e corrispondente ad un livello sabbioso alterato del substrato pliocenico
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1636 m/s appartenente ad una successione sabbiosa del substrato.

Nella **base sismica 5**, eseguita in prossimità del sostegno n. 58, sono stati individuati i seguenti sismostrati

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 2,80 - 3,60 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 331 m/s appartenente alla copertura detritica;
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde P, pari a 987 m/s con base posta a profondità variabile compresa tra 6,80 m e 8,10 m, corrispondente al substrato alterato
- segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1638 m/s, riferibile a sedimenti argillosi del substrato pliocenico.

Nella **base sismica 6**, eseguita in prossimità del sostegno n. 72, sono stati individuati i seguenti sismostrati

- dal piano campagna fino a profondità compresa tra 1,50 - 3,20 m, si trova il primo sismostrato con velocità media delle onde P pari a 508 m/s appartenente alla copertura detritica
- segue un secondo sismostrato caratterizzato da velocità delle onde P, pari a 977 m/s con base posta a profondità variabile compresa tra 6,30 m e 8,90 m, riferibile al substrato argilloso alterato
- Segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità media delle onde P pari a 1875 m/s, riferibile al substrato argilloso.

11.4.2 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

Sismo-strato	V_P (m/s)	V_S (m/s)	ν	G_o (MPa)	E_o (MPa)	E_s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	386	141	0,42	38	109	2,4	≈ 1,93
B	652	198	0,45	76	221	7,1	≈ 1,95
C	1533	378	0,47	297	873	60,7	≈ 2,08
D	-	619	-	838	-	-	≈ 2,19

Base sismica 2

Sismo-strato	V_P (m/s)	V_S (m/s)	ν	G_o (MPa)	E_o (MPa)	E_s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	350	110	0,44	23	67	1,1	≈ 1,93
B	1224	206	0,48	82	244	8,3	≈ 1,94
C	1995	266	0,49	139	416	19,1	≈ 1,97
D	-	384	-	300	-	-	≈ 2,04
E	-	720		1151			≈ 2,22

Base sismica 3

Sismo-strato	V_P (m/s)	V_S (m/s)	ν	G_o (MPa)	E_o (MPa)	E_s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	303	149	0,34	43	116	2,6	≈ 1,96
B	1052	214	0,48	90	267	9,6	≈ 1,98
C	1700	396	0,47	329	970	71,6	≈ 2,10
D	-	260	-	128	-	-	≈ 1,91
E	-	637		887			≈ 2,19

Base sismica 4

Sismo-strato	V_P (m/s)	V_S (m/s)	ν	G_o (MPa)	E_o (MPa)	E_s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	426	136	0,44	35	102	2,1	≈ 1,92
B	858	219	0,46	92	272	9,8	≈ 1,94
C	1636	324	0,48	209	620	35,6	≈ 2,00
D	-	710	-	1131	-	-	≈ 2,24

Base sismica 5

Sismo-strato	V _P (m/s)	V _S (m/s)	ν	Go (MPa)	E _o (MPa)	E _s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	-	194	-	-	-	-	-
B	311	170	0,28	56	145	3,7	≈ 1,95
C	987	212	0,47	86	255	8,9	≈ 1,92
D	1638	248	0,49	116	345	14,2	≈ 1,89
E	-	345		234	-	-	≈ 1,97

Base sismica 6

Sismo-strato	V _P (m/s)	V _S (m/s)	ν	Go (MPa)	E _o (MPa)	E _s (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	-	253	-	-	-	-	-
B	508	162	0,44	50	146	3,7	≈ 1,92
C	997	202	0,48	77	229	7,5	≈ 1,90
D	1875	243	0,49	111	333	13,5	≈ 1,89
E	-	415		249	-	-	≈ 2,03

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;

11.4.3 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:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i}{V_i}} \quad (\text{m/s})$$

Si riportano nella tabella sottostante i valori di V_{s30} individuati e le relative categorie di suolo distinte secondo il D.M. 14/01/2008:

Base sismica	V_{s30} (m/s)	Categoria di sottosuolo (D.M. 14/01/2008)
Base sismica n. 1	397	B
Base sismica n. 2	329	C
Base sismica n. 3	319	C
Base sismica n. 4	380	B
Base sismica n. 5	251	C
Base sismica n. 6	256	C

12 SISMICITÀ DELL'AREA

L'area di studio, posto 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, 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 pubblicato nel 2006 da 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

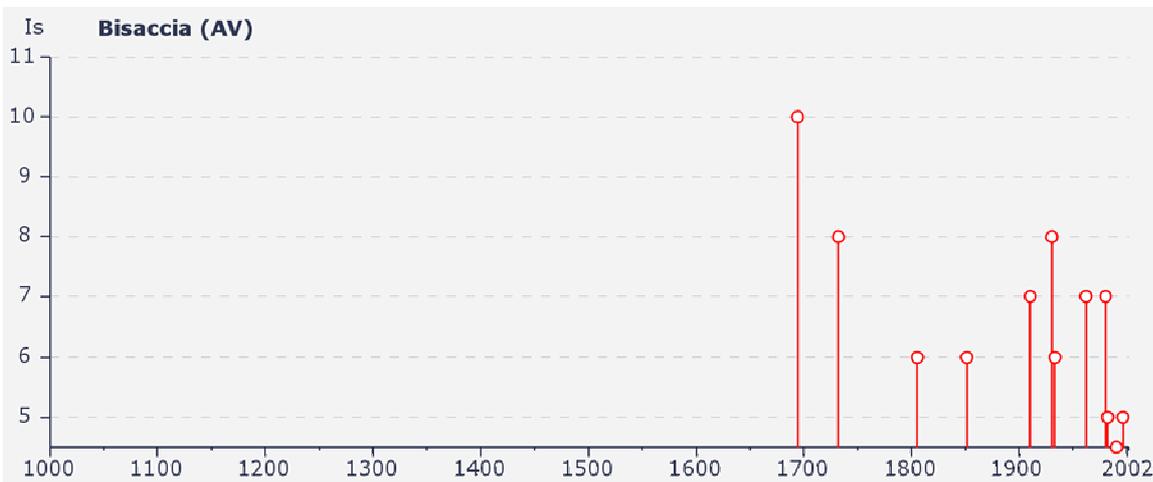
Nello stesso lavoro si riporta la notizia che nell'area della Daunia potrebbe essere localizzato un terremoto dell'11 ottobre 1125, che avrebbe prodotto danni attribuibili al VIII grado. Cataloghi sismici precedenti a quelli attualmente in uso, inoltre, riportano un terremoto distruttivo, localizzato 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)

Per ricostruire la storia dell'attività sismica dell'area indagata è stata svolta una ricerca della sismicità storica sulla base del catalogo parametrico dei terremoti italiani effettuando una interrogazione per le aree ricadenti nei comuni interessati dal tracciato. I risultati di questa ricerca hanno evidenziato che i principali sismi risentiti sono quelli prodottisi lungo l'arco dell'Appennino meridionale e nella vicina Basilicata.

Sono stati consultati, pertanto, i cataloghi della sismicità storica (INGV - DBMI04) per i comuni di Bisaccia, Lacedonia, Rocchetta Sant'Antonio, Sant'Agata di Puglia e Deliceto. L'analisi ha confermato l'ipotesi secondo cui l'area interessata dal nuovo elettrodotto è soggetta a un'intensa attività sismica sia diretta che indiretta.

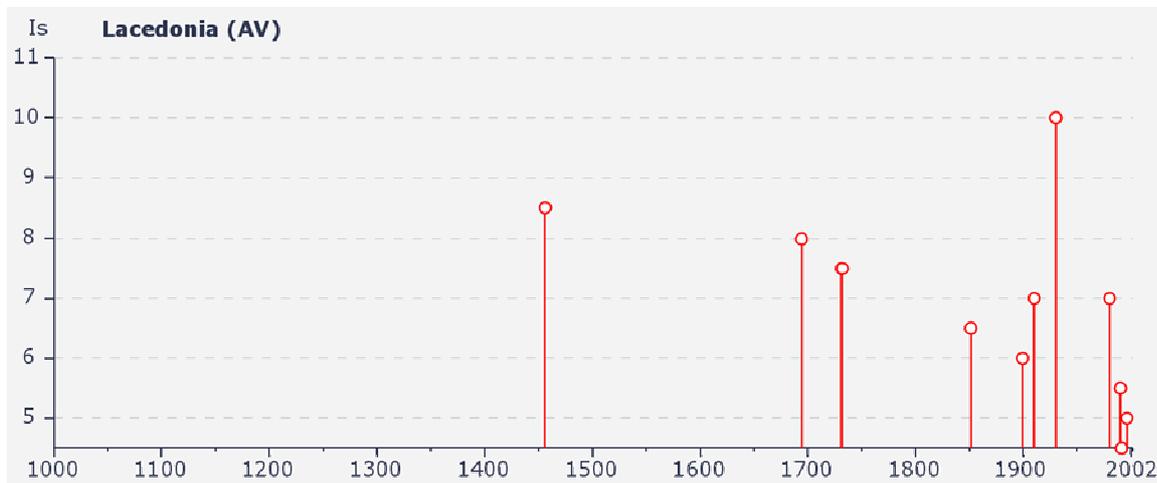
Total number of earthquakes: 15	Seismic history of Bisaccia
Effects	
Is	

10	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	lo	Mw
8	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	CFTI	253	10-11	6.87
6	1732 11 29 07 40	Irpinia	CFTI	168	10-11	6.61
6	1805 07 26 21	Molise	CFTI	223	10	6.57
7	1851 08 14 13 20	Basilicata	CFTI	102	9-10	6.33
8	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	CFTI	376	8-9	5.87
6	1930 07 23 00 08	Irpinia	CFTI	509	10	6.72
7	1933 03 07 14 39	BISACCIA	DOM	42	6	5.13
7	1962 08 21 18 19 30	Irpinia	CFTI	214	9	6.19
5	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	CFTI	1317	10	6.89
3	1982 08 15 15 09 54	VALLE DEL SELE	BMING	24	6	4.76
4-5	1984 05 07 17 49 42	Appennino abruzzese	CFTI	912	8	5.93
3-4	1990 05 05 07 21 17	POTENTINO	BMING	1374	7	5.84
5	1991 05 26 12 25 59	POTENTINO	BMING	597	7	5.22
NF	1996 04 03 13 04 35	IRPINIA	BMING	557	6	4.92
	1998 03 26 16 26 17	APPENNINO UMBRO-MARCH.	BMING	408	6	5.33



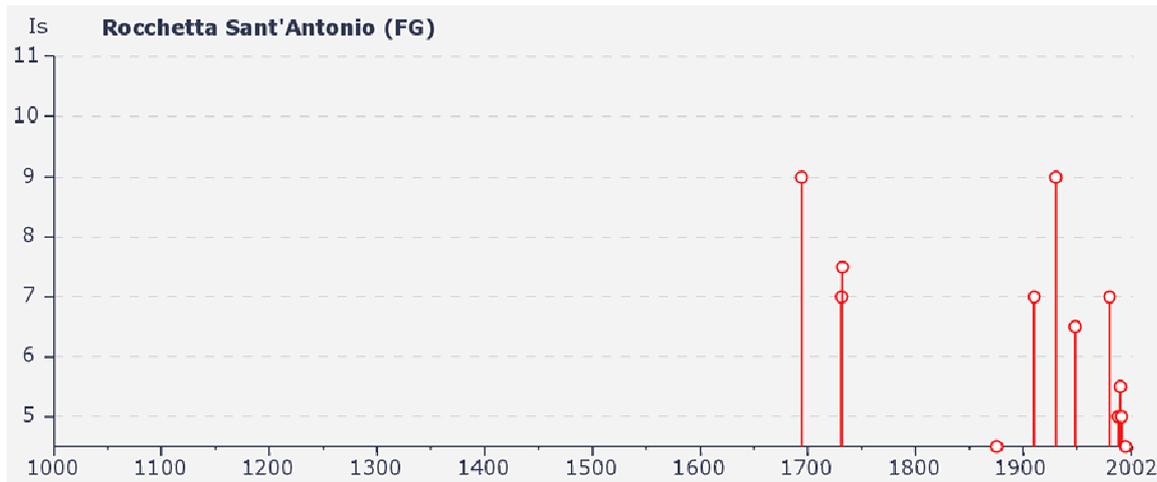
Total number of earthquakes: 13	Seismic history of Lacedonia					
Effects						
Is						
8-9	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	lo	Mw
8	1456 12 05	MOLISE	DOM	199	10	6.96
7-8	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	CFTI	253	10-11	6.87
7-8	1731 03 20 03	Foggiano	CFTI	50	9	6.34

6-7	1732 11 29 07 40	Irpinia	CFTI	168	10-11	6.61
6	1851 08 14 13 20	Basilicata	CFTI	102	9-10	6.33
7	1899 08 16 00 05	IRPINIA	DOM	32	6	4.83
3	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	CFTI	376	8-9	5.87
10	1924 05 09 05 48	SOLOFRA	DOM	8	4-5	4.78
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	CFTI	509	10	6.72
5-6	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	CFTI	1317	10	6.89
4-5	1990 05 05 07 21 17	POTENTINO	BMING	1374	7	5.84
5	1991 05 26 12 25 59	POTENTINO	BMING	597	7	5.22
	1996 04 03 13 04 35	IRPINIA	BMING	557	6	4.92

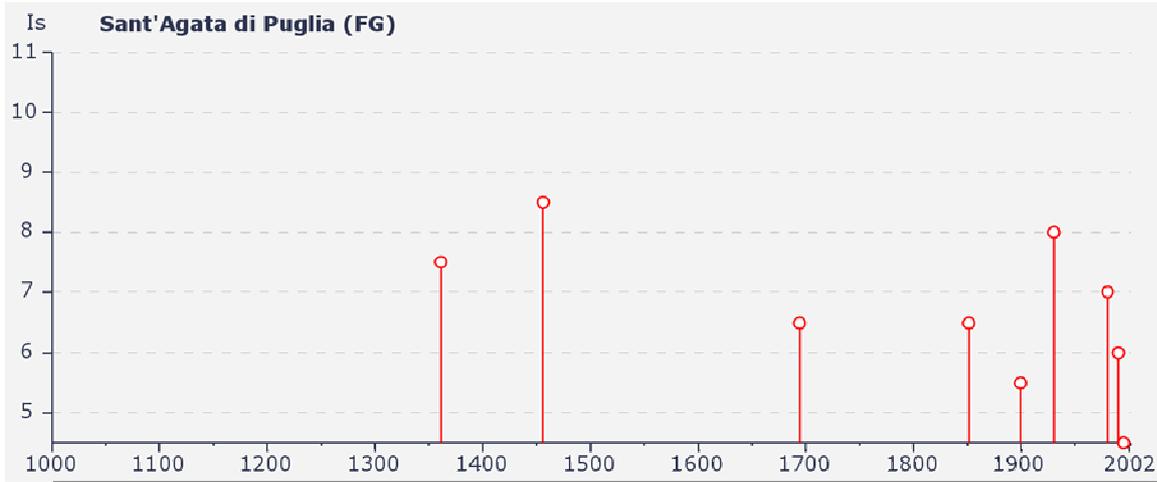


Total number of earthquakes: 14	Seismic history of Rocchetta Sant'Antonio					
Effects						
Is	Earthquake occurred:					
9	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	CFTI	253	10-11	6.87
7-8	1731 03 20 03	Foggiano	CFTI	50	9	6.34
4-5	1732 11 29 07 40	Irpinia	CFTI	168	10-11	6.61
7	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	DOM	97	7-8	6.07
9	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	CFTI	376	8-9	5.87
6-7	1930 07 23 00 08	Irpinia	CFTI	509	10	6.72
4	1948 08 18 21 12 20	Puglia settent.	CFTI	59	7-8	5.58
NF	1951 01 16 01 11	GARGANO	DOM	73	7	5.27
7	1955 02 09 10 06	MONTE ANGELO S.	DOM	31	7	5.17
5	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-	CFTI	1317	10	6.89

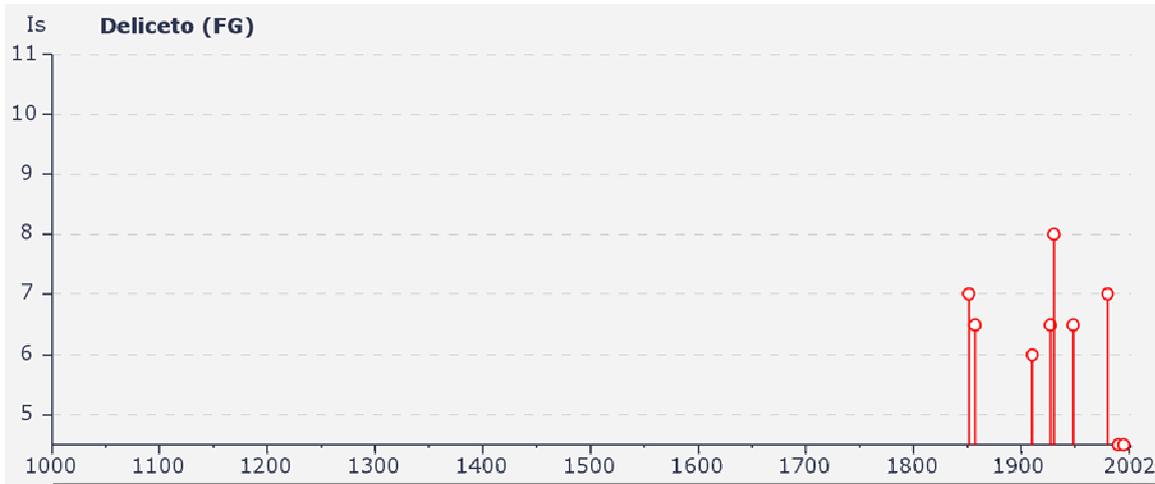
		Basilicata				
5-6	1988 04 26 00 53 45	ADRIATICO CENTRALE	BMING	78	5	5.43
5	1990 05 05 07 21 17	POTENTINO	BMING	1374	7	5.84
4-5	1991 05 26 12 25 59	POTENTINO	BMING	597	7	5.22
	1995 09 30 10 14 34	GARGANO	BMING	145	6	5.22



Total number of earthquakes: 14	Seismic history of Sant'Agata di Puglia					
Effects						
Is	Earthquake occurred:					
7-8	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
8-9	1361 07 17 19 30	Ascoli Satriano	CFTI	5	9	6.06
6-7	1456 12 05	MOLISE	DOM	199	10	6.96
6-7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	CFTI	253	10-11	6.87
F	1851 08 14 13 20	Basilicata	CFTI	102	9-10	6.33
NF	1857 12 16 21 15	Basilicata	CFTI	337	10-11	6.96
5-6	1892 06 06	TREMITI	DOM	72	6-7	5.07
3-4	1899 08 16 00 05	IRPINIA	DOM	32	6	4.83
8	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	CFTI	376	8-9	5.87
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	CFTI	509	10	6.72
6	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	CFTI	1317	10	6.89
NF	1990 05 05 07 21 17	POTENTINO	BMING	1374	7	5.84
4-5	1991 05 26 12 25 59	POTENTINO	BMING	597	7	5.22
3	1995 09 30 10 14 34	GARGANO	BMING	145	6	5.22
	1996 04 03 13 04 35	IRPINIA	BMING	557	6	4.92



Total number of earthquakes: 16	Seismic history of Deliceto					
Effects	Earthquake occurred:					
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
7	1851 08 14 13 20	Basilicata	CFTI	102	9-10	6.33
6-7	1857 12 16 21 15	Basilicata	CFTI	337	10-11	6.96
NF	1882 06 06 05 40	Monti del Matese	CFTI	52	7	5.28
4	1893 08 10 20 52	Gargano	CFTI	69	8	5.44
2	1899 08 16 00 05	IRPINIA	DOM	32	6	4.83
6	1905 11 26	IRPINIA	DOM	136	7	5.32
6-7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	CFTI	376	8-9	5.87
8	1927 12 27 08 49	DELICETO	DOM	2	6	4.83
6-7	1930 07 23 00 08	Irpinia	CFTI	509	10	6.72
7	1948 08 18 21 12 20	Puglia settent.	CFTI	59	7-8	5.58
4	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	CFTI	1317	10	6.89
4-5	1984 05 07 17 49 42	Appennino abruzzese	CFTI	912	8	5.93
2	1990 05 05 07 21 17	POTENTINO	BMING	1374	7	5.84
4-5	1991 05 26 12 25 59	POTENTINO	BMING	597	7	5.22
3-4	1995 09 30 10 14 34	GARGANO	BMING	145	6	5.22
	1996 04 03 13 04 35	IRPINIA	BMING	557	6	4.92



L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha disposto i seguenti criteri per la valutazione preliminare della risposta sismica del sottosuolo:

Una nuova classificazione dei comuni italiani secondo quattro zone di pericolosità sismica (tabella a), espressa in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo (a_g) su terreni duri e differenti tempi di ritorno, funzione della vita nominale della struttura e della sua destinazione d'uso.

Tabella a - Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido

ZONA	ACCELERAZIONE (a_g) CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI	a_g MAX
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g

La classificazione del sottosuolo in categorie di suolo di fondazione (tabella b), sulla base della stima di vari parametri del terreno (V_s , NSPT, c_u , e profondità del bedrock). Ad ogni categoria sono stati attribuiti i valori dei parametri dello spettro di risposta per la stima delle azioni sismiche di progetto.

Tabella b - Classificazione del sottosuolo in categorie di suolo di fondazione

CATEGORIA	PARAMETRI
-----------	-----------

SUOLO DI FONDAZIONE	PROFILO STRATIGRAFICO	Vs30 (m/s)	Nspt	Cu (kPa)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 >			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto di acqua	< 100		< 20 > 10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Secondo l'OPCM n° 3274 del 20/03/2003, i Comuni di Bisaccia, Lacedonia, Rocchetta Sant'Antonio, Sant'Agata di Puglia e Deliceto sono inclusi nella zona 1.

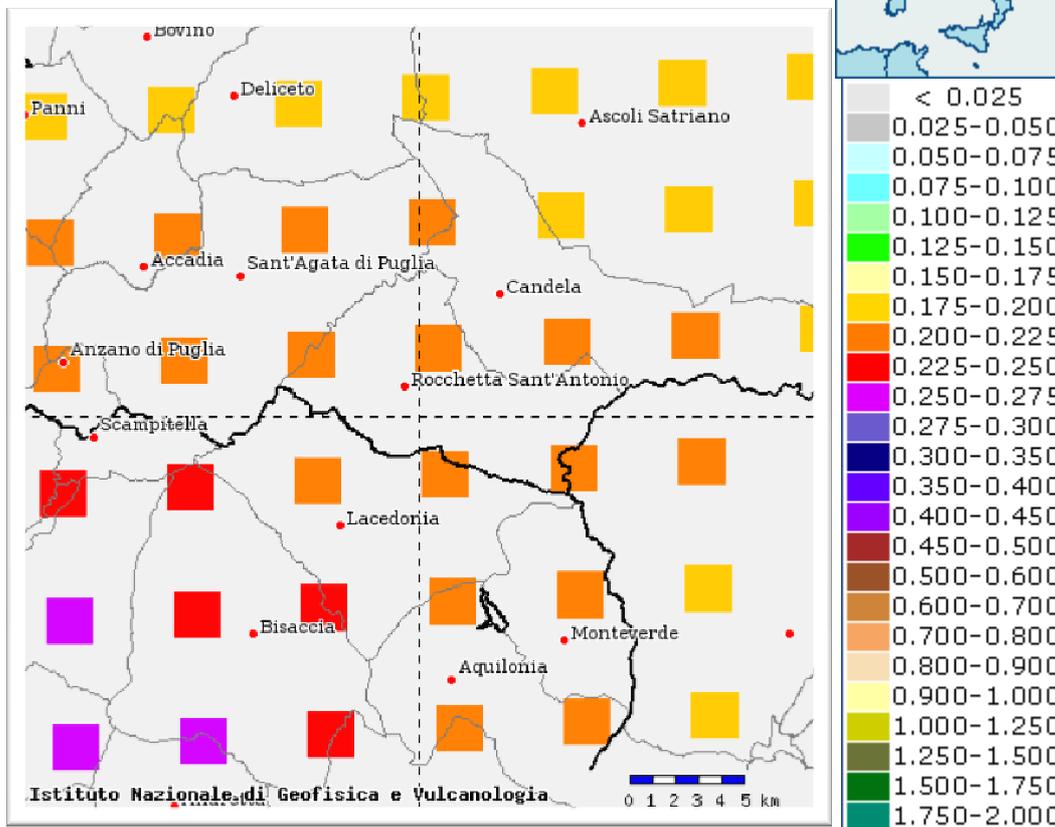
Nel seguente schema viene riportato uno stralcio dell'Allegato A "Classificazione sismica dei comuni italiani", all' Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/2003, riferito ai comuni interessati dal tracciato.

Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona in base alla Classificazione 2003
15064011	Bisaccia	I	I	1
15064041	Lacedonia	I	I	1
16071022	Deliceto	I	II	1
16071042	Rocchetta Sant'Antonio	I	II	1
16071052	Sant'Agata di Puglia	I	II	1

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14/01/2008), hanno superato il concetto della classificazione del territorio nelle quattro zone sismiche e propongono una nuova zonazione fondata su un reticolo di punti di riferimento con intervalli di ag pari a 0.025 g, costruito per l'intero

territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale e verticale su suoli rigidi e pianeggianti, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo d'inizio del tratto dello spettro a velocità costante T^*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. attraverso le coordinate geografiche del sito

Interactive Seismic Hazard Maps



Parametri forniti dal sito INGV (<http://esse1.mi.ingv.it/>)

Anche le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14/01/2008), così come l'OPCM n° 3274 del 20/03/2003, considerano come valore di accelerazione sismica di riferimento, l'accelerazione massima su un suolo di categoria A. Il valore di accelerazione massima del terreno varia, in realtà, in funzione delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dell'area oggetto di studio. La campagna di indagine sismica eseguita ha consentito di evidenziare le principali caratteristiche sismiche dell'area di studio e di individuare, in particolare, le seguenti categorie di suolo

B: Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e con valori di Vs30 compresi fra 800 e 360 m/s

C Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza e con valori di Vs30 compresi fra 360 e 180 m/s

Dalle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC del 14/01/2008) sulla base dell'ubicazione dell'opera in progetto e delle sue caratteristiche progettuali è possibile ricavare i parametri sismici (a_g e F_0) necessari per la definizione della sismicità. Sono stati ricercati i parametri sismici (a_g e F_0) delle coordinate di ubicazione dei sostegni. Si riportano a seguire, come esempio, i parametri individuati per la sola ubicazione del sostegno **12**.

Ubicazione del sostegno 12 (Coord. WGS84)	Latitudine	Longitudine
Bisaccia	41,0136	15,321542

Da progetto				
Classe dell'edificio	I			
Vita nominale	50			
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			
Caratteristiche sismiche				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,058	2,371	0,285
Danno (SLD)	50	0,078	2,345	0,317
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,249	2,415	0,368
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,350	2,331	0,423

In funzione delle caratteristiche geolitologiche e topografiche si ricavano, inoltre, rispettivamente i parametri di categoria del suolo (S_s) e il coefficiente topografico (S_t). Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa sul sito di ubicazione dei sostegni si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3):

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

dove:

a_{gmax} = accelerazione massima attesa in superficie

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_t = coefficiente di amplificazione topografica

a_g = accelerazione massima su sito di riferimento rigido

Per l'amplificazione topografica si considera il valore riferito alla categoria topografica T1.

Per il calcolo dell'amplificazione stratigrafica S_s e del coefficiente C_c si fa riferimento alla seguente tabella riportata nel DM del 14/01/2008:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

In sintesi, si riportano a seguire i dati e il calcolo dell'amplificazione sismica del sito.

Categoria di suolo	C	amax
Amplificazione topografica (S_t)	$T1 = 1$	
Amplificazione stratigrafica (S_s)		
Operatività (SLO)	1.50	0.085
Danno (SLD)	1.50	0.094
Salvaguardia vita (SLV)	1.42	0.286
Prevenzione collasso (SLC)	1.31	0.371

	Elettrodotto aereo 380 kV “Bisaccia – Deliceto” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 45 di 70

13 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE DEL TRACCIATO

L'opera in progetto prevede la realizzazione di 77 sostegni. La conoscenza della litologia dei terreni sui quali andranno a impostarsi le basi di appoggio dei sostegni rappresenta un dato fondamentale.

Il rilevamento geologico e geomorfologico effettuato ha consentito di verificare e identificare i domini geolitologici e le litologie prevalenti che saranno interessati dai sostegni in progetto. Nella successiva fase di progettazione esecutiva, sarà tuttavia eseguito, ove necessario, una caratterizzazione stratigrafica e geotecnica di dettaglio dei terreni affioranti.

Dal sostegno 1 al sostegno 11 il tracciato dell'elettrodotto ha un andamento circa nord sud, nel primo tratto si appoggia su versanti con basse pendenze con affioramenti di terreni fliscioidi prettamente argillosi (Argille Varicolori) parzialmente ricoperti da una coltre detritica di spessore variabile in funzione delle pendenze, e successivamente su affioramenti fliscioidi lapideo – pelitici (Formazione della Daunia). In presenza delle Argille Varicolori, su versanti anche a bassa pendenza, comunque maggiore di 10°, si riscontrano dissesti gravitativi in atto (cfr. tabella seguente). Dal sostegno 11 al 22 l'elettrodotto assume una direzione sud ovest - nord est, tagliando quasi perpendicolarmente alcuni crinali (Serro Pignataro) e alcuni fossi subparalleli fra loro (Vallone della Toppa, Vallone Melillo). In questo tratto il tracciato passa da versanti con affioramenti delle Argille Varicolori (sostegni 11, 12, 13, 14, 17, e 22), caratterizzati da un'intensa attività franosa, a pendii essenzialmente lapidei con successioni calcaree e calcarenitiche della Formazione della Daunia. Sul versante sinistro del Vallone della Toppa e su entrambi del Vallone Melillo sono stati rilevati molti dissesti franosi con diverso grado di attività. I sostegni sono stati ubicati al di fuori di tali aree in dissesto. Dal sostegno 22 al 28 il tracciato assume un andamento circa nord – sud, sviluppandosi, nella prima parte, a ridosso di una dorsale morfologica del monte Serro La Croce, e dopo aver attraversato il Vallone Pescione, sul versante settentrionale di Monte Calaggio. Si poggia su terreni essenzialmente pelitico – lapidei della successione Dauna in assenza di particolari criticità morfologiche.

Il tracciato dell'elettrodotto compreso fra i sostegni 28 e 32 si sviluppa in direzione quasi ovest – est ed è caratterizzato da un salto di quota di circa 250m. Si poggia su di un versante su cui affiorano terreni argillosi delle Argille Varicolori, dominato da un'intensa attività franosa. Il rilievo morfologico ha individuato e cartografato molte aree in frana, in gran parte attive. Si tratta di colate traslazionali con grande sviluppo longitudinale e di colamenti incanalati. I sostegni, a seguito del rilievo morfologico, sono stati opportunamente ubicati al di fuori di tali aree dissestate.

Con il sostegno 32 il tracciato incontra i primi terreni alluvionali. Da questo sostegno al sostegno 39 l'elettrodotto, con un andamento concavo verso est, si sviluppa nuovamente verso nord. Passa da versanti costituiti da argille plio – pleistoceniche a pendii argillosi appartenenti alle Argille Varicolori. Anche sui versanti argillosi di fossa si rilevano dissesti gravitativi attivi. Si tratta di scorrimenti traslazionali che coinvolgono i livelli più alterati e degradati del substrato. Lo spessore del corpo di frana può variare da alcuni metri a qualche decina di metri. I sostegni non ricadono nelle aree in frana rilevate.

Dal sostegno 39 al 52 il tracciato si pone parallelamente al Torrente Calaggio occupando prima il lato destro e poi, dal sostegno 51, quello sinistro e sia la piana alluvionale che i versanti. Fino al sostegno 48 si poggia sia su terreni argillosi delle Argille Varicolori, sia sulla successione lapideo – pelitico della Formazione della Daunia e sia sui depositi alluvionali. In questo tratto vi sono alcune aree in frana in corrispondenza dei versanti argillosi a maggiore pendenza. Con i sostegni 42, 43, 45 e 50 il tracciato si poggia in gran parte sui depositi alluvionali del Torrente Calaggio, senza particolari condizioni di criticità geomorfologica e idraulica.

Dal sostegno 52 l'elettrodotto si sviluppa in direzione Nord e mantiene questa direzione fino alla S.E. di Deliceto. Questa porzione di tracciato va ad interessare essenzialmente i terreni della Fossa Bradanica. Morfologicamente è caratterizzata da basse colline alternate a piane alluvionali o a terrazzi morfologici. Si rilevano dissesti su versanti a maggiore pendenza e in presenza dell'affioramento delle successioni sabbiose e conglomerate, dove sono presenti scorrimenti roto – traslazionali, e delle argille plio – pleistoceniche, con scorrimenti traslazionali nella copertura alterata. I sostegni 55 e 56 sono ubicati sul rilievo di Serra Pomezio, costituiti da depositi sabbiosi e conglomeratici pliocenici e da versanti caratterizzati da più movimenti franosi attivi. I due sostegni sono stati, opportunamente posizionati al di fuori di tali aree dissestate. Dal sostegno 69 al 71 e dal sostegno 77 al 78, in particolare, si rilevano due aree caratterizzate da pendii con frane superficiali che coinvolgono i livelli alterati e degradati del substrato argilloso (cfr. tabella seguente).

Nella tabella sottostante si riportano le aree interessate dal tracciato distinte morfologicamente e per ognuna i sostegni che vi ricadono.

MORFOLOGIA	SOSTEGNI
Aree in frana attiva	ASSENTI
Aree in frana quiescente	ASSENTI
Aree in frana inattiva	ASSENTI
Aree in prossimità di scarpate e/o di aree in frana	8-12-13-27-28-29-55-56-70-71
Dorsali morfologiche o cime di rilievi	3-4-5-6-11-16-18-22-23-24-26-28-29-37-41-47-52-53-55-56
Versanti con pendenza >di circa 15°	34-51

Superfici sub orizzontali

1-2-32-42-43-45-50--66-67-68-80-81

Sulla base delle litologie affioranti interessate dal tracciato è stato possibile schematizzare la seguente tabella:

LITOLOGIE	SOSTEGNI
Depositi alluvionali e detritici	3-4-6-32-42-43-45-50-59-59-65-66-67-68
Conglomerato pleistocenico	72-73-80-81
Argille grigio – azzurre plio - pleistoceniche	33-34-35-53-58-60-61-62-63-64-69-70-71-74-75-76-78-79
Sabbie e conglomerati pliocenici	49-51-52-54-55-56-57-77
Successione lapideo – pelitica della Formazione della Daunia	9-10-15-16-18-20-21-24-25-26-27-28-41-46-47-48-
Argille Varicolori	1-2-5-8-11-12-13-14-17-22-23-29-30-31-37-38-39-40-44-
Terreni di frana	assenti

Da queste due tabelle di sintesi emerge che gran parte dei sostegni poggerà su terreni prevalentemente argillosi e su versanti con basse pendenze.

14 MODELLO GEOLITOLOGICO - GEOTECNICO

Le informazioni derivanti da tutte le indagini pregresse ed eseguite, sia dirette che 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 appenniniche delle Argille Varicolori, della Formazione della Daunia e della successione plio – pleistocenica della Fossa Bradanica.

Nell'area di affioramento delle formazioni appenniniche i sondaggi meccanici eseguiti (S1, S2 e S3) 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 marnosi 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 le dorsali morfologiche. Le caratteristiche geotecniche dei livelli prevalentemente pelitici, come riportato nel capitolo di geotecnica, presentano valori discreti.

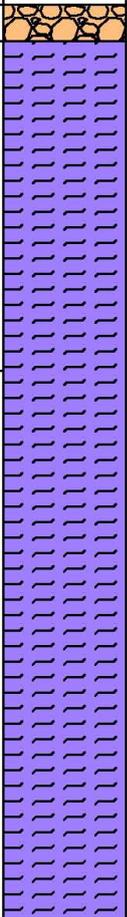
I depositi pliocenici della Fossa Bradanica, così come evidenziato dalle molte campagne geognostiche eseguite per i progetti di parchi eolici realizzati lungo l'area di studio, sono costituiti da una successione sabbiosa pliocenica, trasgressiva sui terreni appenninici, e da una successione prettamente argillosa.

I depositi sabbiosi sono caratterizzati da un'alternanza di sabbie e limo con livelli conglomeratici; i sedimenti argillosi sono costituiti da argille grigio azzurre, alterate superficialmente. Le caratteristiche geotecniche di questi livelli, come evidenziato nel capitolo di geotecnica, risultano discreti.

Nelle zone di fondovalle e sulle superfici terrazzate il substrato è ricoperto da depositi alluvionali attuali e recenti di spessore variabile e caratterizzati da una successione essenzialmente sabbioso – ciottoloso in matrice limoso – argillosa. All'interno di questi depositi le caratteristiche litologiche, granulometriche e, pertanto, geotecniche variano notevolmente sia lateralmente che in senso verticale.

Per i cinque domini geologici individuati è possibile, pertanto, definire i seguenti modelli geolitologici – geotecnici rappresentativi:

Schema geolitologico - geotecnico delle Argille Varicolori

<i>Stratigrafia</i>	<i>Caratteristiche litologiche</i>	<i>Principali caratteristiche geotecniche</i>	<i>Categoria di suolo e topografica (D.M. 14/01/2008)</i>
0.00 m			<p>- categoria di sottosuolo: C</p> <p>- categoria topografia: T1</p>
-0.60 m			
-6 m	<p>Argille scagliose grigiastre e verdastre con strati marnosi e calcilutitici (Argille Varicolori)</p>	<p>$\gamma = 19.4 \text{ KN/m}^3$ $c = 25.5 \text{ kPa}$ $\phi = 19.22^\circ$</p>	
-15 m			

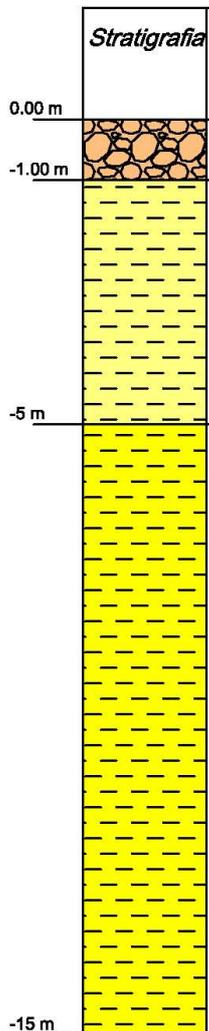
Schema geolitologico - geotecnico della Formazione della Daunia

<i>Stratigrafia</i>	<i>Caratteristiche litologiche</i>	<i>Principali caratteristiche geotecniche</i>	<i>Categoria di suolo e topografica (D.M. 14/01/2008)</i>
0.00 m -0.60 m	Detrito superficiale		
-6 m	Argille scagliose di colore verde e grigio (Membro pelitico Flysch della Daunia)	$\gamma = 18.9 \text{ KN/m}^3$ $c = 2.2 \text{ kPa}$ $\phi = 32.6^\circ$	- categoria di sottosuolo: C - categoria topografia: T1
-15 m	Calcari, calcareniti e marne in strati con sottili livelli argillosi (Membro lapideo Flysch della Daunia)		

Schema geolitologico - geotecnico delle Sabbie plioceniche

<i>Stratigrafia</i>	<i>Caratteristiche litologiche</i>	<i>Principali caratteristiche geotecniche</i>	<i>Categoria di suolo e topografica (D.M. 14/01/2008)</i>
0.00 m -0.60 m	Detrito superficiale		
-6 m	Sabbie giallastre con livelli limoso - argillosi e conglomeratici (Pliocene)	$\gamma = 19.3 \text{ KN/m}^3$ $c = 27 \text{ kPa}$ $\phi = 22^\circ$	- categoria di sottosuolo: <i>C</i> - categoria topografia: <i>T1</i>
-15 m	Conglomerati poligenici (Pliocene)		

Schema geolitologico - geotecnico delle Argille plio - pleistoceniche

<i>Stratigrafia</i>	<i>Caratteristiche litologiche</i>	<i>Principali caratteristiche geotecniche</i>	<i>Categoria di suolo e topografica (D.M. 14/01/2008)</i>
0.00 m	 <p>Detrito superficiale</p>		
-1.00 m			
-5 m	<p>Argille limose e limo argilloso (Argille del substrato alterate)</p>	<p>$\gamma = 19.7 \text{ KN/m}^3$ $c = 19 \text{ kPa}$ $\phi = 19^\circ$</p>	- categoria di sottosuolo: C
-15 m	<p>Argille grigio azzurre</p>	<p>$\gamma = 20.2 \text{ KN/m}^3$ $c = 36.3 \text{ kPa}$ $\phi = 16.1^\circ$</p>	- categoria topografia: T1

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 54 di 70

15 CRITERI PROGETTUALI DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Per sostegni ubicati su superfici sub pianeggianti o versanti con pendenza minore di 10° e su terreni con 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 versanti e con terreni con discreti valori delle caratteristiche geomeccaniche saranno necessarie fondazioni speciali. 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 da eseguire in fase esecutiva (mediamente 15 m) con diametri che variano da 1,5 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, sarà 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, saranno 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, verrà utilizzato un tubo forma metallico, per contenere le pareti di scavo, che contemporaneamente alla fase di getto sarà recuperato.

Nella tabella sottostante si riporta l'elenco dei sostegni con le relative tipologie fondazionali ipotizzabili in questa fase progettuale, fermo restando che l'individuazione dell'esatta tipologia di

fondazione di ogni sostegno sarà definita durante la successiva fase di progettazione esecutiva, a valle di dettagliate indagini geognostiche per ogni ubicazione di sostegno.

Vincolo PAI	Modello geologico – geotecnico del substrato	Versanti con pendenza	Tipologia di fondazione	Sostegni (n°)
PG2	Argille Varicolori	maggiore di 10°	profonde	29 -31 – 37 – 38 – 39
		minore di 10°	dirette	12 - 13– 14– 17– 23– 30– 44
	Formazione della Daunia	maggiore di 10°	profonde	18 – 20– 28 – 46
		minore di 10°	superficiali	24
	Sabbie plioceniche	maggiore di 10°	profonde	49 – 51 – 56 - 57
		minore di 10°	superficiali	
	Argille plio - pleistoceniche	maggiore di 10°	profonde	
		minore di 10°	superficiali	
Depositi alluvionali	minore di 10°	superficiali	43	
PG1	Argille Varicolori	maggiore di 10°	profonde	40
		minore di 10°	superficiali	11 – 22
	Formazione della Daunia	maggiore di 10°	profonde	15– 27 - 41 – 47 – 48
		minore di 10°	superficiali	9 – 10– 16 – 25 – 26
	Sabbie plioceniche	maggiore di 10°	profonde	52 – 54- 55
		minore di 10°	superficiali	77
	Argille plio - pleistoceniche	maggiore di 10°	profonde	33 – 34 – 35 –69 -70 – 71 -
		minore di 10°	superficiali	53 –58 – 60 – 61 – 62 – 63 – 64 – 72 – 73 – 74 – 75 – 76 – 78 – 79 – 80 - 81
Depositi alluvionali	minore di 10°	superficiali	32 – 42 – 45 – 59 – 65 – 66 – 67 – 68	

Si riporta nello schema di sintesi seguente le indicazioni della numerazione dei sostegni alla quale è associata la tipologia di fondazione:

Fondazioni profonde	Fondazioni superficiali
15 - 18 – 20– 27 - 28 – 29 -31 – 33 – 34 – 35 - 37 – 38 – 39 – 40 – 41 - 46 – 47 – 48 - 49 – 51 – 52 – 54 – 55 - 56 - 5769 -70 – 71	9 – 10 – 11- 12 - 13– 14– 16 -17– 22 - 23– 24 – 25 – 26 – 30 – 32 – 42 - 43 – 44 – 45 - 53 –58 – 59 – 60 – 61 – 62 – 63 – 64 – 65 – 66 – 67 – 68 - 72 – 73 – 74 – 75 – 76 – 77 - 78 – 79 – 80 - 81

16 PISTE DI ACCESSO

Le piste di cantiere individuate e riportate in progetto sono tracciate lungo piste già preesistenti definite dal passaggio costante di mezzi agricoli e non sempre presenti in carte topografiche.

L'utilizzo di piste già esistenti non comporterà modifiche al profilo naturale del terreno e nessuna modifica dei suoli. I mezzi di cantiere hanno le stesse dimensioni di trattori o autoveicoli che classicamente fruiscono di tali piste. Laddove sia necessario migliorare la pista questo si traduce in una semplice sistemazione con riporto di materiale da cava per facilitare il transito dei mezzi.

Quasi tutte le piste ricadono su seminativi o terreni incolti. Nel caso di accesso da seminativo la pista, sempre concordata con il proprietario, è semplicemente costituita dall'orma già tracciata dai mezzi agricoli senza apportare modifiche sui suoli.

Le lavorazioni e i passaggi dei mezzi sulle piste saranno interrotti in condizioni meteorologiche sfavorevoli.

Non verrà alterato lo stato dei luoghi, e comunque sarà effettuato il ripristino post operam in modo che la realizzazione dei sostegni non modifichi l'orografia del territorio

Dove i mezzi pesanti non trovano possibilità di accesso le attività verranno svolte con l'utilizzo degli elicotteri.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 57 di 70

17 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 sostegni dell'elettrodotto in progetto ubicati sui versanti a maggiore criticità geologica e geomorfologica. Sono state eseguite, in particolare, verifiche sui versanti argillosi caratterizzati da maggiori pendenze o dalla presenza di dissesti gravitativi. I versanti presi in considerazione sono quelli con l'ubicazione dei seguenti sostegni:

- sostegno n. 12 (verifica di stabilità n.1)
- sostegno n. 13 (verifica di stabilità n.2)
- sostegno n. 14 (verifica di stabilità n.3)
- sostegno n. 17 (verifica di stabilità n.4)
- sostegno n. 28 (verifica di stabilità n.5)
- sostegno n. 29 (verifica di stabilità n.6)
- sostegno n. 39 (verifica di stabilità n.7)
- sostegno n. 56 (verifica di stabilità n.8)
- sostegno n. 57 (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 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 alcune aree di ubicazione dei sostegni dell'elettrodotto in progetto il substrato è costituito essenzialmente dalla successione prevalentemente lapidea della Formazione della Daunia, 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.

Le caratteristiche geotecniche considerate sono quelle riportate nel capitolo di geotecnica e considerate nella modellazione geologico – geotecnica.

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 che non vi sono variazioni delle condizioni di stabilità dei pendii con l'aggiunta dei carichi previsti in progetto.

Le sezioni 5 e 6 passano per due distinte aree in frana classificate come attive. Le verifiche di stabilità hanno evidenziato le condizioni di attività di queste porzioni di pendio in frana individuando più cerchi critici con valori di F inferiore all'unità passanti all'interno del corpo di frana. Queste superfici critiche con il coefficiente di sicurezza inferiore all'unità interessano solo la porzione di versante coinvolto nel movimento franoso e non la restante parte del pendio. I sostegni su queste due sezioni sono ubicati al di fuori delle aree in frana e le verifiche di stabilità hanno evidenziato che le parti di pendio interessate dalla loro ubicazione presentano sufficienti condizioni di stabilità ante e post operam.

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	Nota
Verifica 1	naturale	Pg2		1.04	Fs minimo riferito al cerchio critico individuato all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 1	modificato secondo progetto	Pg2	n. 12	1.01	Fs minimo riferito al cerchio critico individuato all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 2	naturale	Pg2		1.04	Fs minimo riferito al cerchio critico individuato all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 2	modificato secondo progetto	Pg2	n. 13	1.04	Fs minimo riferito al cerchio critico individuato all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 3	naturale	Pg2		1.49	-
Verifica 3	modificato secondo progetto	Pg2	n. 14	1.62	-

	progetto				
Verifica 4	naturale	Pg2			Fs < 1 riferito a cerchi critici individuati all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 4	modificato secondo progetto	Pg2	n. 17		Fs < 1 riferito a cerchi critici individuati all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 5	naturale	Pg2			Fs < 1 riferito a cerchi critici individuati all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 5	modificato secondo progetto	Pg2	n. 28		Fs < 1 riferito a cerchi critici individuati all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 6	naturale	Pg2			Fs < 1 riferito a cerchi critici individuati all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 6	modificato secondo progetto	Pg2	n. 29		Fs < 1 riferito a cerchi critici individuati all'interno del corpo di frana posto a valle dell'ubicazione del sostegno
Verifica 7	naturale	Pg2		1.83	
Verifica 7	modificato secondo progetto	Pg2	n. 39	1.77	
Verifica 8	naturale	Pg2		1.1	
Verifica 8	modificato secondo progetto	Pg2	n. 56	1.04	
Verifica 9	naturale	Pg2		1.53	
Verifica 9	modificato secondo progetto	Pg2	n. 57	1.59	

I risultati analitici della verifica sono riportati nell' elaborato DEFR10015BASA00252_03_9 (Allegato 5: Verifiche di stabilità) allegato alla presente relazione.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 60 di 70

18 OPERE DI MITIGAZIONE

Non vi sono sostegni che ricadono in aree morfologicamente instabili. Lo studio geologico e morfologico è stato eseguito contestualmente alla definizione del progetto del tracciato consentendo di non ubicare i tralicci nelle aree in frana e nelle aree a maggiore pericolosità definite dalle autorità di Bacino. Non vi sono sostegni o altre opere previste in progetto, pertanto, che ricadono in aree Pg3 dell'AdB Puglia.

In tutte le aree ricadenti nelle zone Pg1 e Pg2 dell'Adb Puglia sono state individuate alcune opere di mitigazione per la conservazione delle condizioni di stabilità dei pendii in corrispondenza dell'ubicazione dei sostegni.

Il contesto geologico e geomorfologico nel quale si sviluppa il tracciato dell'elettrodotto in progetto è caratterizzato dalla presenza di terreni essenzialmente argillosi nei quali è frequente una tipologia di dissesto rappresentata essenzialmente da colate. L'attivazione di queste frane richiede la combinazione di tre principali fattori:

- spessore considerevole del livello superficiale del substrato argilloso alterato e degradato
- elevato grado di pendenza del versante
- acqua nella copertura detritiche.

Per evitare che venga modificato l'equilibrio morfologico attualmente presente nelle aree di ubicazione delle opere in progetto è necessario, pertanto, che le opere di mitigazione abbiano la finalità di:

- non incrementare il processo di alterazione e degradazione del substrato
- non aumentare l'inclinazione dei versanti
- non aumentare le pressioni neutre nei terreni

Le opere di mitigazione dovranno, pertanto, consentire la limitazione delle erosioni, il ruscellamento superficiale disordinato delle acque e la protezione delle scarpate artificiali determinate dagli scavi.

Questi tre obiettivi si possono raggiungere attraverso interventi di:

- rivestimento del suolo
- drenaggio superficiale
- muretti di terrazzamento

Il primo obiettivo si raggiunge minimizzando il consumo di suolo, limitando gli spazi utilizzati per il passaggio degli automezzi e nell'impianto di specie vegetali autoctone a rapido accrescimento nell'intorno dei tralicci. La copertura vegetale permette di agevolare il ruscellamento superficiale

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 61 di 70

diffuso, limitando l'azione erosiva da parte delle acque superficiali e contribuendo alla stabilizzazione del pendio con il suo apparato radicale.

Le opere di drenaggio sono prese in considerazione per evitare che vi sia un ruscellamento disordinato delle acque nei dintorni del sostegno o delle piste di accesso. Saranno opportunamente disposte in funzione delle pendenze per favorire il facile e veloce allontanamento delle acque superficiali. Consistono in semplici canalette, opportunamente dimensionate. Si curerà, inoltre, la manutenzione delle canalette di drenaggio già esistenti lungo le strade di accesso ai sostegni, al fine di evitare ruscellamenti incontrollati di acque meteoriche

Gli interventi mediante muretti di terrazzamento sono da prevedere in presenza di versanti a maggiore pendenza e a protezione di scarpate artificiali di piccole altezze. Si realizzano lungo le curve di livello con l'utilizzo di pietrame a secco. Hanno la finalità di:

- rimodellare il versante con la formazione di superfici suborizzontali e scarpate sub verticali protette da muri a secco
- proteggere dall'erosione le superfici di taglio del versante e sostenere e drenare i terreni posti a monte.

Tutti questi interventi si possono prevedere singolarmente o in modo combinato e possono interessare sia le aree di ubicazione dei sostegni che le aree interessate dalle piste di accesso ai tralicci.

Su tutti i versanti interessati dalle opere in progetto verranno ripristinati, a fine lavori, i preesistenti andamenti naturali del terreno.

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto aereo 380 kV “Bisaccia – Deliceto Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 62 di 70

19 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 cinque 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: 12 – 13 – 14 – 17 – 18 – 20 – 23 – 24 – 28 – 29 – 30 – 31 – 37 – 38 – 39 – 43 – 44 – 46 – 49 – 51 – 56 – 57.

Come evidenziato negli elaborati allegati alla presente relazione, questi sostegni ricadono in gran parte nell'area di affioramento delle formazioni fliscioidi delle Argille Varicolori e della Formazione della Daunia e in minima parte sui depositi plio – pleistocenici bradanici.

I sostegni che ricadono in aree PG1 dell'Autorità di Bacino della Puglia interessano soprattutto la seconda parte del tracciato, poggiando essenzialmente sui depositi alluvionali e sui sedimenti della Fossa Bradanica.

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

19.1 Sostegni ricadenti in aree a pericolosità elevata (Pg2)

Sostegni n. 12, 13 e 14

Questi tre sostegni sono allineati sul versante settentrionale del Monte La Toppa (989 m slm), a quote che vanno da circa 865 m per il sostegno 12, a 850 per il sostegno 13 e a 825 m per il sostegno 14.

Il pendio mostra una pendenza media inferiore ai 10° sul quale affiorano i depositi delle Argille Varicolori. Tali depositi sono evidenziati da alcune esposizioni presenti lungo i fossi e il bordo della strada statale (SS N 91) che passa in prossimità dell'ubicazione del sostegno. La natura del substrato è stata individuata soprattutto attraverso la lettura delle carote del sondaggio S1, eseguito in prossimità del sostegno 11, posto a poche decine dei metri dal 12. Il sondaggio ha evidenziato la presenza di un substrato essenzialmente argilloso costituito da argille scagliose di colore variabile dal verdastro al rossiccio e al grigiastro con livelli centimetrici marnoso – calcarei.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 63 di 70

Su questo versante, a valle dell'ubicazione dei sostegni 12 e 13, sono stati individuati e cartografati più dissesti morfologici. Si tratta di scorrimenti traslazionali evolventi, verso valle, in colate, che hanno coinvolto la coltre detritica e i livelli più alterati e degradati del substrato fliscioide. Sono state classificate come frane parzialmente quiescenti. I tralicci sono posti ad una distanza da queste aree dissestate maggiore di circa 30 m.

Su questo pendio, in corrispondenza di ogni sostegno sono state eseguite delle verifiche di stabilità dei versanti (verifiche n. 1, 2 e 3) 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.

La presenza di un versante con una bassa inclinazione, l'affioramento di una successione fliscioide con livelli pelitici e lapidei e le verifiche analitiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 12, 13 e 14.

Sostegno n. 17

Questo sostegno ricade sul versante orientale di una dorsale morfologica allungata in direzione circa nord – sud. E' ubicato a circa 800 m slm su un pendio caratterizzato da un substrato essenzialmente argilloso riferibile alla successione delle Argille Varicolori. L'affioramento di questo flysch è delimitato verso monte, in corrispondenza della dorsale morfologica, e verso valle dall'affioramento della componente essenzialmente lapidea della Formazione della Daunia. A valle rispetto all'ubicazione del traliccio è stata eseguita una sismica superficiale che ha evidenziato, al di sotto di una copertura detritica, la presenza di un livello del substrato alterato e degradato al di sopra del sottostante flysch delle Argille Varicolori. Lateralmente all'area di ubicazione del sostegno 17 è presente una frana quiescente caratterizzata da uno scorrimento roto - traslazionale verso monte, che ha coinvolto anche i livelli lapidei più fratturati della successione della Daunia, e si è evoluta come colata verso valle coinvolgendo essenzialmente i terreni argillosi delle Argille Varicolori. Questo dissesto non interessa direttamente o indirettamente il traliccio 17.

Su questo versante è stata eseguita una verifica di stabilità su una sezione passante per il sostegno 17 e allineata lungo la massima pendenza del pendio. Tale verifica, eseguita sia in condizioni *ante* che *post operam*, ha verificato le sufficienti condizioni di stabilità del pendio.

La presenza di un versante con una bassa inclinazione, l'affioramento di una successione fliscioide con livelli pelitici e lapidei e le verifiche analitiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione del sostegno n. 17.

Sostegno n. 18

Il sostegno 18 ricade alla sommità di una dorsale morfologica allungata in direzione circa nord – sud e delimitata da due fossi, vallone Spauro e Valle Melillo, confluenti verso nord nel torrente Valle del Toro. La dorsale morfologica, subpianeggiante nella parte sommitale, è interamente

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 64 di 70

costituita dalla successione prevalentemente lapidea della Formazione della Daunia. Vi affiorano strati di calcareniti alternati a marne con livelli calcarei e sottili straterelli argillosi. Buone esposizione di questi terreni sono visibili lungo i due fossi che delimitano la dorsale. Non sono stati rilevati dissesti gravitativi che coinvolgono l'area di ubicazione del sostegno o i versanti più vicini. La presenza di un versante a bassa inclinazione e l'affioramento di una successione fliscioide essenzialmente lapidea assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione del sostegno n. 18.

Sostegni n. 20, 23 e 24

I tre sostegni sono ubicati su una vasta dorsale morfologica del Monte Serra La Croce (826 m). Questa dorsale è caratterizzata da versanti a bassa pendenza e da un substrato costituito in parte dalla successione fliscioide delle Argille Varicolori e in parte della Formazione della Daunia. In prossimità dell'area di ubicazione del sostegno n. 20 è stato eseguito un sondaggio meccanico (S2) che ha evidenziato la presenza di una successione essenzialmente lapidea costituita da marne, marne calcaree e marne argillose. Si tratta di terreni appartenenti alla componente prevalentemente lapidea della Formazione della Daunia. Su questi terreni sono previsti i sostegni 20 e 24, mentre il sostegno 23 ricade sull'affioramento delle Argille Varicolori. Il rilevamento geomorfologico ha evidenziato la presenza di alcune aree in frana ad ovest dell'area di ubicazione del sostegno 20. Si tratta di frane quiescenti che si sviluppano sia sui terreni argillosi delle Argille Varicolori che su quelli della Formazione della Daunia. Il traliccio n. 20 è posto ad una distanza maggiore di 100 m dal limite delle aree dissestate. Nelle aree di ubicazione dei sostegni 23 e 24 non sono stati rilevati dissesti gravitativi importanti.

La presenza di un versante a bassa inclinazione e l'affioramento di una successione fliscioide essenzialmente lapidea assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 20, 23, e 24.

Sostegni n. 28 e 29

I sostegni 28 e 29 sono stati ubicati lungo una dorsale morfologica, Difesa Malandrino, ad andamento circa est – ovest e degradante da quota 735, verso ovest, a quota 532, verso est, con una pendenza del suo asse superiore ai 15°. Questa dorsale si presenta morfologicamente con una stretta sommità delimitata da versanti a pendenza variabile e caratterizzati da un'intensa attività franosa. Sono stati rilevati, infatti sia sul versante settentrionale che su quello meridionale, più movimenti franosi in condizioni di attività. Si tratta di colate traslazionali con grande sviluppo longitudinale e di colamenti incanalati. Per la presenza di queste evidenti condizioni morfologiche dei versanti l'ubicazione dei due sostegni, 28 e 29, è stata fatta a valle di un attento e dettagliato

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 65 di 70

rilievo geomorfologico del versante. I due tralicci sono stati posti al di fuori delle aree in frana, lungo l'asse del crinale morfologico e in posizione morfologicamente più idonea. Il sostegno 28 ricade lungo la dorsale su un substrato costituito dalla Formazione della Daunia, è posto in vicinanza di un'area in frana classificata come quiescente. La verifica di stabilità n. 5, eseguita lungo una sezione passante per il traliccio, ha evidenziato l'instabilità del corpo di frana e le condizioni di stabilità, *ante* e *post operam*, della porzione di versante interessato dall'ubicazione del sostegno n.28.

Il sostegno 29 è stato anch'esso ubicato lungo l'asse della dorsale, al di fuori delle aree in frana. In prossimità di questo sostegno è stato eseguito un sondaggio meccanico (S3), approfondito fino alla profondità di 14,5 m. La lettura delle carote ha evidenziato la presenza di un'alternanza di livelli argillosi scagliosi e di livelli calcarenitici e calcarei, appartenenti alla successione fliscioide delle Argille Varicolori. Con la verifica di stabilità n. 6, eseguita lungo una sezione passante per il sostegno 29, sono state confermate le condizioni di instabilità del corpo di frana mentre è stata accertata la stabilità, in condizioni *ante* e *post operam*, della porzione di versante interessata dall'ubicazione del traliccio.

La presenza di una successione fliscioide sia pelitica che lapidea, la previsione di fondazioni profonde sulle quali poggiare i sostegni e il risultato delle verifiche di stabilità assicurano le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 28 e 29.

Sostegni n. 30 e 31

Questi due sostegni sono previsti sul versante meridionale della dorsale Difesa Malandrino precedentemente descritta, dove la pendenza del suo asse diventa quasi suborizzontale. Sono poste entrambi a circa 540m di quota, su un pendio a bassa pendenza o suborizzontale. Vi affiorano le argille, le argille marnose e i livelli lapidei della successione fliscioide delle Argille Varicolori. Le frane rilevate sul versante non interessano direttamente o indirettamente le aree di ubicazione dei tralicci 30 e 31. Lateralmente all'ubicazione del sostegno 31 è presente un corpo di frana classificato come colata traslazione quiescente e che ha coinvolto la copertura detritica e la porzione alterata e degradata del substrato fliscioide. Questo dissesto del versante non coinvolge il sostegno 31 dal quale è distante circa 30m.

La presenza di versanti a bassa pendenza, di una successione fliscioide sia pelitica che lapidea, assicura le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 30 e 31.

Sostegni n. 37, 38 e 39

Questi sostegni sono ubicati sul versante settentrionale del Monte San Mauro (657 m slm), su un pendio che si affaccia sul torrente Calaggio. I sostegni sono previsti a varie quote sul versante, dal traliccio 37 ubicato a quota 575m al sostegno 38 a quota 475m e al sostegno 39 a quota 440m.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 66 di 70

Tutti e tre i tralicci ricadono su una dorsale morfologica molto degradata, delimitata da versanti a pendenza variabile. Su questi pendii affiora la successione argillosa delle Argille Varicolori. La presenza di questi terreni è rilevabile sulle scarpate naturali presenti lungo i principali fossi che caratterizzano il versante e sui tagli artificiali presenti lateralmente alla sede stradale. In prossimità del sostegno 37 è presente una scarpata naturale che mette in esposizione alcuni strati marnosi e calcarenitici con livelli argillosi. A valle del sostegno 37 è stata eseguita una sismica superficiale (base sismica 3) che ha evidenziato la presenza di un substrato fliscioide non alterato alla profondità di pochi metri.

In corrispondenza del sostegno 39, dove il versante mostra pendenza maggiore, è stata eseguita una verifica analitica di stabilità (verifica 7) lungo una sezione passante per l'ubicazione del sostegno. Quest'analisi ha verificato le sufficienti condizioni di stabilità del pendio in condizioni *ante e post operam*.

La presenza di versanti a bassa pendenza, di una successione fliscioide sia pelitica che lapidea, assicura le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 37, 38 e 39.

Sostegni n. 43 e 44

Questi due sostegni ricadono al limite fra la piana alluvionale del Torrente Calaggio e il piede del versante a una quota di circa 345 m. In entrambi i casi si è in presenza di una superficie suborizzontale; il traliccio 44 è posto, in particolare, al piede di un versante argilloso sul quale non sono stati rilevati dissesti gravitativi importanti.

La presenza di una superficie suborizzontale assicura le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 43 e 44.

Sostegni n. 46 e 49

I sostegni 46 e 49 sono ubicati sul versante destro del Torrente Calaggio, ad una quota di circa 365 m. Il sostegno 46 ricade su una dorsale morfologica costituita dalla successione prevalentemente lapidea della Formazione della Daunia. Il rilevamento geomorfologico non ha evidenziato in prossimità dell'area di ubicazione del sostegno 46 la presenza di dissesti gravitativi in atto o pregressi. Il sostegno 49 è previsto all'estremità settentrionale di una dorsale morfologica al margine di una superficie debolmente inclinata verso nord. Sul lato meridionale della dorsale è presente una frana quiescente classificata come scorrimento traslazionale. Tale dissesto non coinvolge direttamente o indirettamente l'ubicazione del sostegno 49. Il substrato è costituito da una successione pliocenica formata da strati di sabbia più o meno cementata con livelli di conglomerato e di argilla. La presenza di questi terreni è rilevabile lungo i fossi presenti sul versante e sulle scarpate che bordano la corsia in direzione Bari dell'Autostrada A16.

	Elettrodotto aereo 380 kV "Bisaccia – Deliceto" Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 67 di 70

La presenza di versanti privi di dissesti gravitativi in atto o pregressi, di una successione fliscioide prevalentemente lapidea o sabbiosa stratificata, assicura le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione dei sostegni n. 46 e 49.

Sostegno n. 51

Il sostegno 51 è ubicato su un versante sinistro del Torrente Calaggio, ad una quota di circa 360m, lungo l'asse di una dorsale, prolungamento meridionale della Serra Verdito (430 m slm). Il versante mostra un'elevata pendenza, giustificata dall'esistenza di un substrato costituito dalla successione sabbiosa pliocenica. Questo affioramento, ben visibile lungo una scarpata naturale presente subito a valle del punto di ubicazione del sostegno, è caratterizzato da strati di sabbie ben cementate di spessore variabile dal centimetro ad alcuni decimetri, alternati a strati conglomeratici cementati e a livelli centimetrici argillosi. A monte del sostegno in progetto è stata eseguita una sismica superficiale (base sismica 4) che ha individuato il substrato sabbioso a pochi metri dal piano campagna.

La presenza di versanti privi di dissesti gravitativi in atto o pregressi, di una successione di sabbie cementate e stratificate, assicura le sufficienti condizioni di sicurezza dell'area di ubicazione del sostegno n. 51.

Sostegni n. 56 e 57

Questi due sostegni sono ubicati sulle pendici del Monte Serra Pomezio (492 m slm), il primo, il traliccio 56, su un rilievo morfologico a quota 457 m e il secondo sul versante settentrionale del rilievo ad una quota di circa 375m. L'intero rilievo morfologico è costituito dalla successione trasgressiva pliocenica, composta dai depositi sabbiosi e conglomeratici. Sono presenti principalmente i sedimenti sabbiosi costituiti da strati decimetrici di sabbie più o meno cementate alternate a livelli conglomeratici e strati centimetrici argillosi. Ampie esposizioni della successione sabbiosa sono rilevabili lungo la dorsale del Monte Serra Pomezio. Il sostegno 56 è previsto su una superficie suborizzontale coincidente con la sommità di un rilievo morfologico, delimitato sui lati settentrionali, orientale e meridionale da versanti molto inclinati. In quest'ultimo caso il pendio è caratterizzato da un ampio movimento franoso attivo che si estende fino al sottostante torrente Calaggio. Si tratta di uno scorrimento roto traslazionale che ha coinvolto la successione sabbiosa pliocenica e che si è evoluta verso valle con una colata traslazionale. Il sostegno è ubicato al di fuori di tale area dissestata. La verifica di stabilità (verifica 8) eseguita lungo una sezione passante per il sostegno 56 ha constatato le sufficienti condizioni di stabilità del versante *ante e post operam*.

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto aereo 380 kV “Bisaccia – Deliceto Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 68 di 70

Il sostegno 57 è previsto su un versante inclinato mediamente intorno ai 10° e caratterizzato dall'assenza di dissesti gravitativi importanti. Il substrato è costituito dalla successione sabbiosa con sabbie e conglomerati. La verifica di stabilità (verifica 9) ha analizzato le condizioni di stabilità lungo una sezione passante per l'ubicazione del sostegno 57. I coefficienti di sicurezza sono risultati sempre maggiore dell'unità sia in condizioni *ante operam* che *post operam*.

La presenza di versanti privi di dissesti gravitativi in atto o pregressi, di una successione di sabbie cementate e stratificate, assicura le sufficienti condizioni di sicurezza delle aree di ubicazione dei sostegni n. 56 e 57.

 <small>TERN A G R O U P</small>	Elettrodotto aereo 380 kV “Bisaccia – Deliceto” Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica	Codifica REFR10015BASA00252_03	
		Rev. N° 00	Pag. 69 di 70

20 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 cinque 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 dell'Elettrodotto aereo 380 kV S.E. Bisaccia – S.E. Deliceto e Opera Connessa, ricadenti nelle aree Pg1 e Pg2 dell'AdB della Puglia.

21 Riferimenti bibliografici essenziali

- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (Scala 1:100.000): Foglio 174 – Ariano Irpino
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (Scala 1:100.000): Foglio 175 – Cerignola
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (Scala 1:100.000): Foglio 186 – Sant'Angelo dei Lombardi
- Bruno G., Cherubini C., Pagliarulo R., Surgo C., Trizzino R. - Giornale di Geologia Applicata 3 (2006) 167-172
- Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia: Foglio 421 "Ascoli Satriano" e Foglio 434 "Candela". Autorità di Bacino della Puglia. 2009
- Civita (1973): Proposte operative per la legenda delle carte idrogeologiche. Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli
- IFFI - Inventario dei fenomeni franosi in Italia: ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)
- ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults): ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)
- Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC del 14/01/2008)
- Guida al Rilevamento e alla rappresentazione - Quaderno n°5. ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). 1995