

REVISIONE						
	<b>1</b>	<b>DIC. 2007</b>	<b>EMISSIONE DOCUMENTO</b>	<b>geotech s.r.l.</b>	<b>N.R.</b>	<b>P.R.</b>
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

 <b>Direzione Pianificazione e Sviluppo Rete</b>		CODIFICA DELL'ELABORATO	 <b>GEOTECH S.r.l.</b> Via Vanoni, 65 Morbegno (SO) Tel/fax 0342 615482 E-mail: geotech@tiscali.it
PROGETTO		TITOLO	
RILEVATO DAL DOC. GEOTECH		<b>NUOVO ELETTRODOTTO A 380 KV, IN DOPPIA TERNA, DALLA          NUOVA STAZIONE ELETTRICA DI CHIGNOLO PO ALLA NUOVA          STAZIONE ELETTRICA DI MALEO ED OPERE CONNESSE</b>  <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	
CLASSIFICAZ. DI SICUREZZA			

ELABORATO	N° ELABORATO	FOGLIO	SCALA
<b>RELAZIONE</b>	<b>01</b>		

Questo documento contiene informazioni di proprietà della Geotech S.r.l. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o divulgazione senza l'esplicito consenso di Geotech S.r.l.

**INDICE**

1 - Premessa	2
1.1 - Motivazione dell'opera	3
2 - Inquadramento geografico	5
3 - Descrizione delle opere	5
4 - Inquadramento geologico regionale	7
4.1 - Caratterizzazione geologica generale	12
5 - Inquadramento geomorfologico	13
6 - Caratterizzazione geologica di dettaglio	13
7 - Idrografia	15
7.1 - Reticolo idrografico	15
8 - Caratterizzazione idrogeologica - idrografica di dettaglio	16
9 - Sismicità dell'area	17
10 - Caratterizzazione geotecnica dei materiali	19
11 - Criteri progettuali delle strutture di fondazione	22
11.1 - Elettrodotti aerei	22
11.2 - Stazioni elettriche	24
12 - Stabilità degli scavi	25
12 - Capacità portante dei terreni	26

## **1 - Premessa**

La presente costituisce lo studio geologico – geotecnico preliminare a supporto della realizzazione del nuovo elettrodotto 380 kV in doppia terna di collegamento tra le nuove Stazioni Elettriche di Chignolo Po (PV) e di Maleo (LO) ed opere connesse.

La società Terna – Rete Elettrica Nazionale S.p.A. è la società concessionaria in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione ai sensi del Decreto del Ministero delle Attività Produttive del 20 aprile 2005 (concessione).

TERNA, nell'espletamento del servizio dato in concessione, persegue i seguenti obiettivi generali:

- assicurare che il servizio sia erogato con carattere di sicurezza, affidabilità e continuità nel breve, medio e lungo periodo, secondo le condizioni previste nella suddetta concessione e nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Ministero e dalle direttive impartite dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas;
- deliberare gli interventi volti ad assicurare l'efficienza e lo sviluppo del sistema di trasmissione di energia elettrica nel territorio nazionale e realizzare gli stessi;
- garantire l'imparzialità e neutralità del servizio di trasmissione e dispacciamento al fine di assicurare l'accesso paritario a tutti gli utilizzatori;
- concorrere a promuovere, nell'ambito delle sue competenze e responsabilità, la tutela dell'ambiente e la sicurezza degli impianti.

TERNA pertanto, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali, predispone annualmente il Piano di Sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Ai sensi della Legge 23 agosto 2004 n. 239, al fine di garantire la sicurezza del sistema energetico e di promuovere la concorrenza nei mercati dell'energia elettrica, la costruzione e l'esercizio degli elettrodotti facenti parte della rete nazionale di trasporto dell'energia elettrica sono attività di preminente interesse statale e sono soggetti a un'autorizzazione unica, rilasciata dal Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e previa intesa con la Regione o le Regioni interessate, la quale sostituisce autorizzazioni, concessioni, nulla osta e atti di assenso comunque denominati previsti dalle norme vigenti, costituendo titolo a costruire e ad esercire tali infrastrutture in conformità al progetto approvato.

Terna S.p.a., nell'ambito dei suoi compiti istituzionali e del vigente programma di sviluppo della Rete di Trasmissione (RTN), approvato dal ministero per lo Sviluppo Economico, intende realizzare un nuovo elettrodotto a 380 kV in doppia terna che collegherà la futura S.E. di Chignolo Po alla futura S.E. di Maleo.

### ***1.1 - Motivazione dell'opera***

Nel corso degli ultimi anni si è registrato un notevole aumento della produzione di energia elettrica nell'area nord-occidentale del Paese e nel contempo si è assistito ad una significativa crescita del fabbisogno energetico delle Regioni Lombardia ed Emilia Romagna, che negli scorsi 10 anni hanno segnato un aumento dei consumi di oltre il 30%.

Infatti, in un'area già caratterizzata da forte importazione di energia elettrica dall'estero (in particolare dalla Francia, attraverso la linea di interconnessione a 380 kV "Rondissone - Albertville") verso alcune centrali già esistenti ma potenziate, si sono aggiunte nuove iniziative produttive e complessivamente si è verificato, nell'area nord-occidentale, un incremento della generazione di energia elettrica di circa 3000 MW.

Il mutato scenario ha determinato un forte aumento dei flussi di potenza sulla linea elettrica a 380 kV "La Casella-S. Rocco", che risulta già essere, nelle condizioni attuali, una strozzatura della rete, un collo di bottiglia che riduce i potenziali transiti tra le sezioni in esame e costituisce un grave vincolo all'esercizio in sicurezza del sistema elettrico, con particolare riferimento alle condizioni di indisponibilità, programmata o accidentale, della linea in oggetto. Tale criticità verrà ulteriormente accentuata dal futuro aumento del carico nella Regione Emilia Romagna e, in assenza di interventi risolutivi, anche i nuovi impianti di produzione, che si prevede possano entrare in servizio nel Nord-Ovest nel corso dei prossimi anni, potranno subire severe limitazioni alla generazione.

Si stanno pertanto delineando i presupposti per una separazione, in diverse aree di mercato elettrico, fra Nord e Nord-Ovest. Il fenomeno del market-splitting potrebbe determinare un aumento dei costi di approvvigionamento nell'area deficitaria, come già accaduto, nel primo semestre di mercato del 2004, per l'area Centro-Nord.

Secondo gli scenari previsionali di TERNA, che fanno riferimento alle future centrali che presumibilmente entreranno in servizio nei prossimi anni, questa tendenza verrà accentuata così come le altre criticità segnalate.

Gli studi e le analisi di rete hanno dimostrato che l'ipotesi di sviluppo, che consentirà di ottenere i maggiori benefici per il sistema elettrico, è rappresentata da un nuovo collegamento a 380 kV tra le due nuove stazioni di Chignolo Po (PV) e Maleo (LO). Questo intervento consentirà di ridurre le congestioni sulla linea a 380 kV "La Casella-S. Rocco" e di esaltare i benefici della nuova interconnessione con l'estero a 380 kV "S. Fiorano-Robbia", con una migliore ripartizione dei flussi di potenza tra le direttrici a 380 kV "La Casella - S. Damaso" e "Caorso - S. Damaso".



*Rete a 380 kV tra La Casella e Caorso*

Inoltre, in concomitanza con la costruzione di tale elettrodotto, potrà essere effettuata un'ampia razionalizzazione dell'intera rete, nei dintorni di Tavazzano e in prossimità dell'abitato di Lodi, che porterà ad un sensibile miglioramento ambientale, alleggerendo la rete elettrica sul territorio provinciale.

## 2 - Inquadramento geografico

L'elettrodotto in progetto e i previsti spostamenti degli elettrodotti 380 kV La Casella – San Rocco e Caorso – San Rocco, si inseriscono su di una fascia avente una larghezza di circa 23 km, interamente compresa nel territorio della Regione Lombardia, tra il comune di Chignolo Po (Provincia di Pavia) ed il comune di Maleo (Provincia di Lodi).

L'area interessata dalle opere è essenzialmente pianeggiante, variando le quote del piano campagna tra 45 e 55 m slm.

In tabella vengono riportati i comuni interessati dalle opere:

regione	provincia	Comune
Lombardia	Pavia	Chignolo Po
	Lodi	Orio Litta
		Senna Lodigiana
		Somaglia
		Fombio
		San Fiorano
		S. Stefano Lodigiano
		Corno Giovine
		Maleo

## 3 – Descrizione delle opere

Il tracciato del nuovo elettrodotto ha origine nella futura S.E. di Chignolo Po (PV) uscendone con direzione est, parallelo all'esistente T.376 "La Casella – S.Rocco" nel tratto situato nel territorio di Chignolo Po, per uno sviluppo lineare di circa 2 km corrispondenti a 5 campate per giungere in prossimità del fiume Lambro.

In corrispondenza dell'attraversamento del fiume Lambro il tracciato piega leggermente verso sud-est (da qui inizia anche il nuovo tratto di asse quale previsto spostamento in questo progetto della T.376), correndo lontano dai centri abitati di Orio Litta, Senna Lodigiana, Somaglia e dai cascinali sparsi lungo la piana alluvionale del fiume Po, avvicinandosi il più possibile al corso del fiume stesso, affiancandosi per complessivi 9 km circa al nuovo tracciato dell'elettrodotto T.376 "La Casella – S.Rocco".

Entrato nel territorio di Somaglia, il tracciato è caratterizzato dal posizionamento di diversi vertici che realizzano cambi di direzione, al fine di ottimizzare il sovrappasso di infrastrutture esistenti quali:

elettrodotto a 132 kV di proprietà Enel Distribuzione, della TAV di proprietà RFI e dell'autostrada A1 e strade di varia classificazione.

In particolare incrocia le linee: 132kV T.170 "Miradolo - S.Rocco", 132kV T.589 "Casalpuusterlengo - S.Rocco", 2 linee MT, la SP n.223, l'autostrada A1, viene evitato l'incrocio con la esistente 380 kV T.376 in quanto questa è spostata a sud con il presente progetto.

Il tracciato continua superando la nuova infrastruttura TAV e relativa linea di alimentazione 132kV, supera la linea 132kV F.183 "Piacenza FS-Casalpuusterlengo FS All.", continua con l'incrocio su una linea MT e la line 380 kV T.303 "S.Rocco - Tavazzano".

Il tracciato prosegue quindi il proprio percorso lungo il comune di Fombio per 2 km circa. In prossimità del depuratore comunale situato nel comune di Fombio alla confluenza a sud tra la ex SS.9 Via Emilia e la strada di scorrimento che convoglia il traffico fuori dall'abitato di Fombio, area indicata dall'amministrazione comunale quale candidata per l'installazione di una stazione radio base per telefonia mobile di proprietà TIM, il tracciato prevede un vertice, mantenendosi comunque lontano sia dal centro abitato, sia dalla area individuata per la stazione telefonica suddetta.

L'asse del tracciato continua superando la ex SS.9 Via Emilia nel territorio di Fombio.

Superata la ex SS.9 Via Emilia il tracciato non incontrerà più significativi ostacoli.

Il tracciato prosegue attraversando il comune di S.Fiorano per ulteriori 3 km circa fino al vertice sud orientale del territorio amministrativo di S.Fiorano, in corrispondenza del confine con il comune di S.Stefano Lodigiano.

Di qui l'asse del nuovo elettrodotto piega verso nord-est correndo parallelamente al futuro asse della linea T.364 "S.Rocco - Caorso" lungo i territori di S.Stefano Lodigiano e Corno Giovine per complessivi 5 km, mantenendosi sempre distante dai centri abitati e dalle case sparse.

In questo tratto è infatti previsto lo spostamento della 380 kV "S.Rocco - Caorso" per la scelta di allontanarla dal centro abitato della frazione S.Rocco.

Per lo spostamento di tale linea verrà demolito l'elettrodotto a 132 kV T.187 "Pizzighettone - S.Rocco" nel tratto che va dall'area a sud-est dell'abitato di Maleo (incrocio attuale linea sulla SP 27) alla stazione di S. Rocco per complessivi 9.5 km circa di smantellamento; conseguentemente il restante tratto di linea aerea 132 kV T.187 "Pizzighettone - S.Rocco" verrà collegato in cavo interrato alla nuova stazione elettrica di Maleo per dare continuità di alimentazione 132 kV a Pizzighettone.

L'intervento sull'elettrodotto a 132kV T.187 "Pizzighettone - S.Rocco" consentirà di non congestionare con 3 linee elettriche quest'area lodigiana e, quindi, di accogliere la

richiesta avanzata dai comuni di S. Stefano Lodigiano e Corno Giovine circa la non compresenza di 3 palificate nei rispettivi territori amministrativi le quali altrimenti si avrebbero a conseguenza della costruzione del nuovo elettrodotto a 380 kV in doppia terna "Chignolo Po - Maleo".

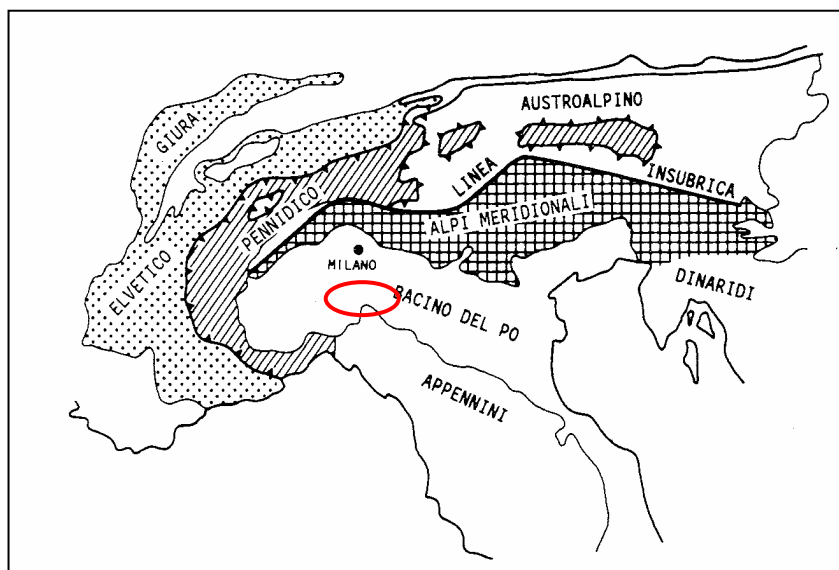
L'asse del nuovo elettrodotto prosegue parallelo all'esistente linea a 380 kV T. 364 "S.Rocco - Caorso" nel tratto situato nel comune di Maleo per circa 2 km, raggiungendo l'area antistante la futura S.E. di Maleo, laddove l'asse linea piega a destra per attestarsi nella futura S.E.

Lo sviluppo complessivo del tracciato dalla futura S.E. di Chignolo Po alla futura S.E. di Maleo ha una lunghezza di circa 23 km.

#### 4 - Inquadramento geologico regionale

L'area interessata dal progetto è ubicata nella Pianura Padana, che dal punto di vista geodinamico è il risultato del colmamento di sedimenti di un bacino sedimentario compreso tra le falde sud-vergenti delle Alpi Meridionali e le strutture a thrust nord-vergenti dell'Appennino settentrionale.

Ne consegue che l'origine della pianura del Po è intimamente legata all'evoluzione dei due orogeni alpino e appenninico.



*Distribuzione dei domini paleogeografici-strutturali delle Alpi, con l'indicazione dell'area di progetto*



Le Alpi Meridionali costituiscono la porzione della catena alpina collocata a sud della Linea Insubrica, e, contrariamente all'edificio delle Alpi s.s., il Sudalpino non presenta una struttura a grandi falde di ricoprimento, ma si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione grossomodo est-ovest.

Il basamento Sudalpino affiora lungo una fascia continua spessa 10-15 km ed estesa lungo l'intero bordo meridionale della Linea Insubrica, dall'Adamello fino al Lago Maggiore.

La fascia di metamorfiti appare sovrascorsa verso meridione sulle unità della copertura, lungo un sistema di piani di movimento immergenti verso Nord, costituenti la cosiddetta Linea Orobica o Sovrascorrimento Orobico. La direzione di movimento lungo i piani sopra citati è verso Sud, ovvero opposta alla direzione di immersione degli stessi. La vergenza verso Sud dei sovrascorrimenti alpini è l'elemento distintivo del dominio Sudalpino e si riscontra in tutti i settori delle Prealpi e nelle strutture sepolte al di sotto della pianura padana.

Tali piani di sovrascorrimento risultano ben evidenti nel settore delle Prealpi e scompaiono in corrispondenza della flessura pedemontana, dove i principali piani di movimento si immergono al di sotto della pianura padana e si ritrovano, a sud di Milano, a più di 10 km di profondità dall'attuale superficie topografica.

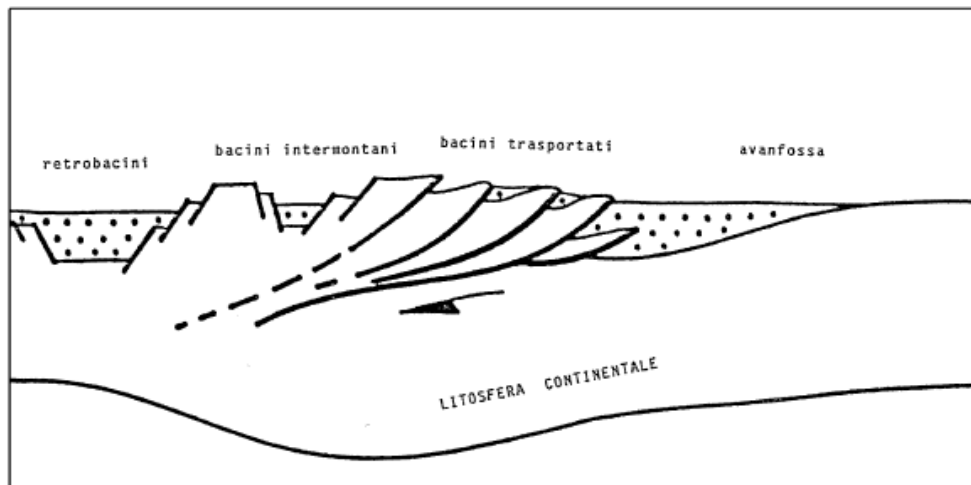
Dal punto di vista paleogeografico il basamento metamorfico Sudalpino è stato storicamente considerato dai vari Autori una porzione della crosta continentale del continente Africano, originariamente separato dall'Eurasia, prima dell'orogenesi Alpina, da diversi bacini oceanici quali il bacino Ligure-Piemontese. Nel corso dell'orogenesi la crosta oceanica costituente tali bacini è stata subdotta al di sotto del margine Africano sino alla sua completa consunzione e, quindi, alla collisione fra i due continenti. La struttura attuale del dominio Sudalpino è quindi diretta conseguenza dei processi avvenuti durante l'orogenesi alpina.

Il basamento metamorfico delle unità sudalpine è ricoperto da una successione sedimentaria di età compresa fra il Carbonifero Superiore e l'Oligocene-Miocene. I sedimenti più antichi, di età Paleozoica, sono meglio preservati nelle zone orientali della catena (Veneto e Friuli), mentre, spostandosi verso Ovest, la successione tende a ringiovanire con i membri più antichi che risultano meno diffusamente presenti.

Nell'area lombarda le rocce più antiche sicuramente datate appartengono al Permiano Inferiore, mentre appaiono incerte alcune attribuzioni al Carbonifero Superiore di piccoli affioramenti. Il periodo permiano è caratterizzato pressoché ovunque da una sedimentazione di tipo continentale (fluviale e lacustre), talora con evidenze di forte e diffusa attività vulcanica (e.g. Formazione di Collio). Successivamente, durante il

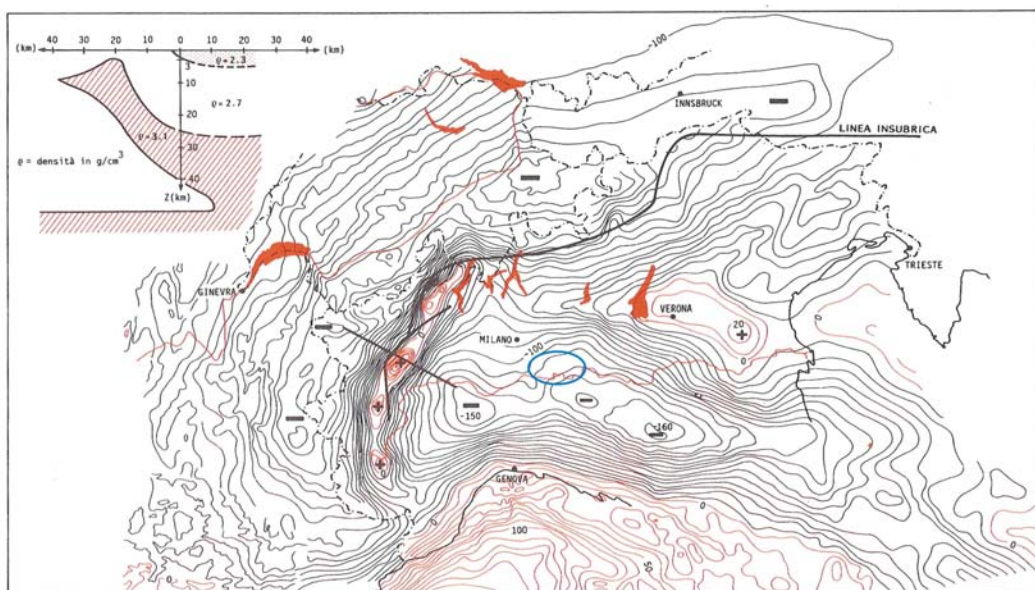
Triassico, avviene una trasgressione generalizzata con l'instaurarsi di condizioni di piattaforma e la deposizione di sedimenti calcareo-dolomitici (Calcare di Esino) tali condizioni, con variazioni locali, perdurano sino al Triassico Superiore, quando si ha la deposizione di formazioni come la Dolomia Principale e il Calcare di Zorzino. La fine del Triassico e l'inizio del Giurassico vedono, quantomeno nel settore centro occidentale dell'attuale dominio Sudalpino, un'approfondimento dei bacini con la transizione a condizioni di mare poco (Calcare di Moltrasio, Dolomia a Choncodon) o molto profondo (Radiolariti, Rosso ad Aptici, Maiolica). Tali condizioni di sedimentazione perdurano sino al Cretaceo Superiore, quando, in seguito ai movimenti di avvicinamento fra il margine Africano e quello Europeo, si osserva l'inizio di una fase regressiva associata alla formazione di una depressione orientata circa est-ovest nella quale venivano deposti sedimenti tipo "Flysch" (sequenze torbiditiche di arenarie e peliti) provenienti dal margine Europeo che iniziava a sollevarsi a seguito dell'imminente collisione. La sedimentazione nel dominio Sudalpino termina con l'inizio dell'Eocene, quando si assiste all'esumazione completa della regione in esame.

Per quanto concerne l'Appennino, nel suo complesso, è costituito da falde e sovrascorrimenti vergenti a Nord-Est, appilati contro e sopra l'avampese adriatico. La tetto-genesi appenninica si è prodotta a partire dall'Oligocene, cioè quando, secondo l'opinione della maggior parte degli Autori, l'originaria litosfera oceanica era già stata interamente subdotta sotto il cratone europeo. Pertanto la catena appenninica può essere considerata un "sistema post-collisionale" caratterizzato in profondità da una subduzione di tipo "ensialico" o di tipo "A" (Boccaletti e altri, 1980; Bally e altri, 1985), nella quale si dovrebbe produrre distacco e subduzione del mantello litosferico e, forse della parte inferiore della crosta, mentre la parte superiore di questa e la relativa copertura sedimentaria si accorciano e si ispessiscono fortemente, deformandosi mediante strutture embricate e piani di scorrimento.



*Sistema post-collisionale appenninico (Ricci Lucchi e ori, 1985)*

Le indagini gravimetriche, sismiche e di perforazione, compiute negli ultimi decenni dalle compagnie di ricerca di idrocarburi, hanno dato un quadro abbastanza completo dell'assetto stratigrafico e strutturale del sottosuolo padano (Pieri e Groppi, 1981; Dondi, 1985; Cassano, Anelli, Fichera e Cappelli, 1986). Per quel che riguarda il margine appenninico padano si nota la presenza di un minimo gravimetrico (anomalie di Bouguer) di -150 mGal che rappresenta il valore più basso di tutto il territorio italiano. A questa anomalia sembra corrispondere uno spessore crostale di circa 50 Km (Cavallin e Giorgetti, 1982), dei quali oltre 10 km sono costituiti dal prisma di accrezione tettonico e dai sedimenti dell'antistante avanfossa (Cassano e altri, 1986).



*Carta della distribuzione delle anomalie di gravità, con indicazione dell'area di intervento*

Nell'ambito dei sedimenti pliocenici e quaternari si osservano netti prismi sedimentari in corrispondenza dei "thrusts" frontali che documentano l'attività compressivo-traslativa pliocenica e localmente quaternaria di questi ultimi. Detti sedimenti tendono ad assotigliarsi gradualmente andando verso Nord, in sintonia con la struttura sedimentaria sepolta costituita dalla regolare monoclinale alpino-padana che immerge verso Sud. La profondità della Moho segue lo stesso andamento, diminuendo gradualmente verso Nord, fino a determinare anomalie di Bouguer positive ai primi rilievi pedalpini, con spessore della crosta di circa 30 km. Le strutture padane derivano da una tettonica di embricazione i cui andamenti rientrano nel quadro dei sistemi di "thrusts" (Castellarin e altri, 1985) con accavallamenti lungo superfici a basso angolo (20-30°), la cui inclinazione aumenta andando verso sud. Le parti frontali dei sovrascorrimenti sono spesso caratterizzate da pieghe anticlinali fortemente asimmetriche. Nella zona appenninico-padana gli elementi strutturali appilati vengono a formare un vero e proprio prisma di accrezione tettonica che, per entità e per i rapporti tra tettonica e deposizione, assume il carattere di fossa tettonica. Essa, secondo Castellarin e altri (1985), è assimilabile, malgrado le minori dimensioni ed il pronunciato carattere ensialico, a quelle esistenti sui bordi dei margini continentali attivi, e la posizione strutturale di questa pronunciata zona di inghiottimento crostale equivale a un fronte di subduzione A. L'inghiottimento crostale è in rapporto al sottoscorrimento relativo dell'avampaese padano al di sotto degli embrici padani sepolti e dell'Appennino (Boccaletti e altri, 1985). Questa situazione strutturale nell'ottica più ampia della tettonica dell'intera penisola italiana appare la conseguenza, come già accennato, della collisione avvenuta nel Cretacico superiore-Eocene fra le due zolle continentali Adriatica ed Eurasiatica. La continuazione degli sforzi comprensivi, anche dopo la completa subduzione di litosfera oceanica, ha provocato, come detto precedentemente, l'innesco di deformazioni di tipo ensialico, a vergenza orientale, entro la crosta della zolla Adriatica, con formazione, in superficie, di un'avanfossa che nel tempo ha progressivamente migrato verso Est. A questo classico modello collisionale alcuni autori ritengono di dover associare movimenti trascorrenti lungo importanti discontinuità strutturali, come la cosiddetta "Faglia Emiliana" di cui A. Bosellini (1981) documenta l'esistenza. Essa, formatasi durante il Giurassico-Cretacico in concomitanza dell'apertura dell'Oceano Atlantico centrale e dell'Oceano Ligure, ubicabile lungo l'attuale margine settentrionale dell'Appennino, avrebbe partecipato alle principali fasi tettogenetiche alpine (Creta sup.-Paleogene) con un comportamento trascorrente sinistro. La geometria dei "thrusts" pedeappenninici descritti in

precedenza potrebbe essere influenzata dalla "Faglia Emiliana" dimostrando una sua attività anche durante il Neogene.

#### ***4.1 – Caratterizzazione geologica generale***

Il territorio interessato dal progetto è costituito da corpi sedimentari sciolti di ambiente fluvioglaciale e fluviale che, tra il Pleistocene Medio e l'inizio dell'Olocene, hanno occupato una vasta depressione precedentemente invasa dal mare. Lo spessore globale della copertura alluvionale raggiunge il valore di alcune centinaia di metri. La coltre alluvionale si è formata essenzialmente attraverso tre grandi fasi di alluvionamento, verificatesi sotto il condizionamento climatico delle espansioni e successivi ritiri dei ghiacciai alpini del Pleistocene.

I depositi relativi alle prime due fasi, attribuibili al fluvioglaciale del Mindel, si trovano in affioramento a quote molto elevate rispetto al livello della pianura, testimoniando movimenti tettonici recenti. Depositati relativi alla terza fase di alluvionamento, attribuiti al Riss, emergono nella stessa zona e sono, come i precedenti, interessati da fenomeni pedogenetici assai spinti. I sedimenti che formano il livello fondamentale sono costituiti da litotipi diversi e sono distribuiti in maniera irregolare.

Le condizioni ambientali successive all'ultimo periodo glaciale e la comparsa dei bacini lacustri pedalpini provocarono un sensibile mutamento del regime idrografico, con la drastica diminuzione della portata solida dei corsi d'acqua. Ciò determinò l'interruzione del processo di costruzione della pianura e, in alcuni tratti, il passaggio temporaneo a condizioni erosive. Così l'azione dei corsi d'acqua ha rimodellato le alluvioni preesistenti, interrompendo il livello fondamentale della pianura con ampie incisioni vallive. All'interno di queste ultime sono presenti dei depositi grossolani terrazzati, originati, nel corso dell'Olocene recente, da ulteriori fasi di alluvionamento e di erosione.

## **5 - Inquadramento geomorfologico**

Gran parte dell'area di progetto è occupata dal livello fondamentale, composto dai sedimenti dell'ultimo periodo glaciale. Si tratta della bassa pianura lombarda, cioè della parte dei depositi alluvionali e fluvioglaciali che si trova a valle della linea delle risorgive.

Il terreno è pianeggiante, ma con lieve pendenza declinante verso sud-est, interamente percorso da una complicata rete di canali irrigatori e di scolo.

Il livello fondamentale presenta una graduale pendenza, variabile fra 0,1% e 0,2% e quote comprese fra 62 e 106 m s.l.m. L'attuale carattere pressoché pianeggiante è senz'altro il risultato dell'applicazione di intense tecniche di livellamento su una morfologia in origine leggermente più ondulata.

L'area interessata dall'ipotesi di tracciato interseca sovente le direttrici di paleoalvei del Lambro e del Po. A sud di San Fiorano e in corrispondenza del settore in cui è prevista la nuova stazione elettrica di Maleo, il tracciato attraversa rispettivamente il limite tra gli antichi sedimenti fluviali e fluvioglaciali e quello tra le alluvioni attuali e recenti del Po: in entrambi i casi il passaggio è marcato dalla presenza di una scarpata morfologica, che decorre con andamento circa est-ovest, con altezza variabile tra 8 e 10 m.

Non sono riscontrabili nell'area dinamiche geomorfologiche attive, come è stato possibile verificare dalla consultazione del sito informativo della Regione Lombardia, e della cartografia del dissesto del P.A.I., nonché degli studi geologici redatti dai comuni attraversati dalle opere in progetto.

## **6 – Caratterizzazione geologica di dettaglio**

Di seguito si descrivono nel dettaglio le unità litologiche affioranti nell'area di studio, facendo riferimento alla cartografia allegata, alla quale si rimanda per una più precisa localizzazione delle unità.

- **DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI E DEPOSITI ALLUVIONALI**

I terreni di origine fluvio-glaciale e alluvionali che caratterizzano l'intero ambito di studio, vengono classificati sulla base delle associazioni litologiche che li compongono. Le unità che si distinguono nell'ambito considerato vengono rappresentate nella cartografia allegata e possono essere così suddivise:

- ✓ *Ghiaie ben gradate con sabbia.* Affiorano lungo la sponda destra, ed in corpi di estensione ridotta anche lungo quella sinistra del F. Adda, in comune di Maleo, in un settore posto a nord-est della prevista stazione elettrica: pertanto questo litotipo non interferisce con il progetto in esame.
- ✓ *Limi.* Affiorano diffusamente ed in corpi estesi, distribuiti in tutta l'area d'indagine, ad eccezione del settore posto in destra idrografica del F. Lambro e di quello in cui è prevista la S.E. di Maleo.
- ✓ *Limi con sabbia.* Nell'ambito dell'area di progetto, questa unità affiora a sud est della frazione di Lambrinia (Chignolo Po), in destra idrografica del Lambro, ma anche in sinistra idrografica, a sud e a ovest dell'abitato di Orio Litta. Sedimenti di questa natura affiorano anche in un settore posto nell'area golenale del Po, a sud di Santo Stefano Lodigiano.
- ✓ *Limi sabbiosi.* Affiorano in un settore piuttosto limitato a nord dell'abitato di Senna Lodigiana; si ritrovano poi in affioramenti più estesi nel settore orientale dell'area di progetto, tra Maleo e Corno Giovine, nonché in una fascia che si estende tra questo centro urbano e San Fiorano.
- ✓ *Sabbie poco gradate.* Tale litologia affiora in modo esteso nell'area in esame e distribuita lungo tutto il tratto interessato dal progetto. In particolare, gli affioramenti principali sono situati in destra idrografica del Lambro, a Chignolo Po, nei settori a sud est e sud ovest di Senna Lodigiana, in un lembo che si estende tra gli abitati di Guardamiglio e Fombio, e nel settore posto tra San Fiorano e Santo Stefano Lodigiano, oltreché nell'area della prevista stazione elettrica di Maleo.
- ✓ *Sabbie poco gradate con ghiaia.* Affiorano a sud-est di Maleo, a est e a sud-est di Casalpusterlengo, ed in alcune strette fasce lungo alcune rogge, tra cui la Roggia Guardalobbia, nel tratto compreso tra gli abitati di San Martino del Pizzolano e Mirabello San Martino. La linea in progetto interferisce con tale litotipo solo nella parte terminale.
- ✓ *Sabbie poco gradate con limo.* Tali depositi affiorano in lembi situati a ovest di Senna Lodigiana, in corrispondenza del centro abitato di Somaglia, a nord-est di Casalpusterlengo, e in una fascia compresa tra Codogno e Maleo.



- ✓ *Sabbie ben gradate con limo.* Affiorano in corpi di estensione piuttosto limitata: il principale si estende tra Cotogno e Corno Giovine; un secondo corpo si trova a nord-ovest dell'abitato di Somaglia.
- ✓ *Sabbie argillose.* Affiora un solo corpo geologico di questa natura, peraltro di estensione limitata, ubicato a nord-ovest dell'abitato di Somaglia, che non viene intersecato dalla linea elettrica in progetto.
- ✓ *Sabbie limose.* Formano delle strette fasce in corrispondenza della prevista stazione elettrica di Maleo, dove sottolineano l'andamento di antiche anse del Fiume Adda, e si trovano poi in corrispondenza dell'attuale alveo e nelle aree golenali del Po, nonché lungo l'attuale alveo del F. Lambro.

- DEPOSITI DI ORIGINE ANTROPICA

In carta sono state riportate quelle aree per le quali non è possibile, causa la forte antropizzazione, riconoscere l'unità litologica originale, almeno per qualche metro di profondità. Corrispondono con i centri urbanizzati o con i rilevati e/o terreni di riporto significativi alla scala di studio. Detti depositi non interessano le opere in progetto.

## **7 – Idrografia**

### **7.1 – Reticolo idrografico**

Per quanto riguarda l'idrografia del settore indagato, esso è limitato a sud dal Fiume Po. Nel settore di territorio interessato, il fiume assume un andamento meandriforme, ed è in massima parte arginato e presenta ampie aree golenali. Il corso del Fiume Po non viene mai intersecato dal tracciato dell'opera.

Le altre aste fluviali che interessano il territorio sono tributarie sinistre del Po: la principale è rappresentata dal F. Adda, che attraversa la porzione orientale del territorio della provincia lodigiana, da nord-ovest a sud est e non interseca il tracciato dell'elettrodotto, sviluppandosi poche centinaia di metri ad ovest della nuova stazione elettrica di Maleo; la seconda per importanza è rappresentata dal F. Lambro, che scorre nella stessa direzione, attraversando il settore occidentale della provincia di Lodi intersecando i tracciati degli elettrodotti a sud-est dell'abitato di Orio Litta.



Il territorio interessato dal progetto, è attraversato da un fitto reticolo di corsi d'acqua, in parte naturali ed in parte artificiali (realizzati per l'irrigazione dei campi), che rispecchia il caratteristico assetto agricolo del territorio. Il reticolo idrografico minore si può suddividere in tre bacini sottesi ai corsi d'acqua principali: Adda, Po e Lambro.

La parte occidentale del bacino dell'Adda è interessata da un gran numero di canali e rogge irrigue, che in parte si immettono nell'Adda stessa, e in parte attraversano il territorio andando a gravitare nel bacino del Po.

Per quanto riguarda il bacino idrografico del Lambro, il fiume attraversa il territorio interessato dal progetto, segnando il confine tra le province di Lodi (Orio Litta) e Pavia (Chignolo Po), fino ad immettersi nel Po. Gli affluenti del Lambro nel tratto di interesse sono: il Lambro Meridionale, che si immette nella sponda destra presso S. Angelo Lodigiano, ed il Sillaro, che si immette nella sponda sinistra presso il Comune di Livraga.

## **8 - Caratterizzazione idrogeologica - idrografica di dettaglio**

La soggiacenza della falda acquifera, vale a dire la profondità rispetto al piano campagna alla quale si rinviene la falda, varia, nell'area di progetto, tra -2 m e - 5 m. Questo vuol dire che le previste fondazioni dei sostegni saranno, salvo in rari casi, immerse in acqua. Le principali direttrici di flusso hanno andamento che varia da sud-est a sud-ovest con il Fiume Po a rappresentare il principale asse di drenaggio.

La conducibilità idraulica dei depositi varia mediamente tra  $k < 10^{-6}$  cm/s per le argille ed i limi e  $10^{-6} < k < 10^{-4}$  cm /s per le sabbie fini e le sabbie limose fino a  $10^{-4} < k < 10^{-2}$  cm/s per i depositi più grossolani ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi. La vulnerabilità della falda acquifera superficiale è pertanto da considerarsi, salvo per le aree contraddistinte da un sottosuolo argilloso ed argilloso-limoso, mediamente elevata.

Per quanto riguarda l'assetto idrografico è da sottolineare che i sostegni previsti non andranno a perturbare il reticolo idrografico esistente, avendo previsto il progetto la loro localizzazione a non meno di 10 metri dagli argini dei corsi d'acqua minori (reticolo idrografico minore) attraversati dall'elettrodotto.

In linea generale tutti i sostegni, oltre alle nuove stazioni elettriche, si localizzano all'esterno della Fascia A e Fascia B del P.A.I., in aree esterne alle fasce di esondazione delimitate dallo studio P.A.I., o nella fascia C più esterna, per la quale, le NDA del P.A.I. non prevedono vincoli edificatori di sorta.

Unica eccezione è rappresentata dal tratto di attraversamento del Fiume Lambro, tra la Provincia di Pavia e la quella di Lodi. In questo punto (si veda la carta allegata) il

progetto del tracciato dell'elettrodotto 380 kV Chignolo Po – Maleo e del nuovo tracciato della linea 380 kV La Casella – San Rocco, prevede la realizzazione di due sostegni (uno per elettrodotto) ubicati all'interno della fascia B del P.A.I.. La scelta progettuale è in questo caso dettata dalla necessità di mantenere le due linee ad una distanza accettabile dalla frazione di Cascina Cantorana, nel comune di Orio Litta ad est del Fiume Lambro; infatti, l'attraversamento del Fiume Lambro con una sola campata evitando di localizzare all'interno dell'area golenale alcun sostegno, avrebbe gioco forza reso obbligatorio, per questioni tecniche, un avvicinamento degli elettrodotti alle case su indicate, con aggravio dell'impatto paesaggistico e con aumento dei campi elettromagnetici in relazione all'avvicinamento alle abitazioni. Va comunque sottolineato che i sostegni verranno ubicati a ridosso dell'argine (pochi metri da esso) e che si prevede di realizzare, in fase esecutiva, uno studio di compatibilità idraulica, come previsto dalla normativa vigente.

## **9 - Sismicità dell'area**

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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*", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 - Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, il 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159. A partire da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia, con d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03.

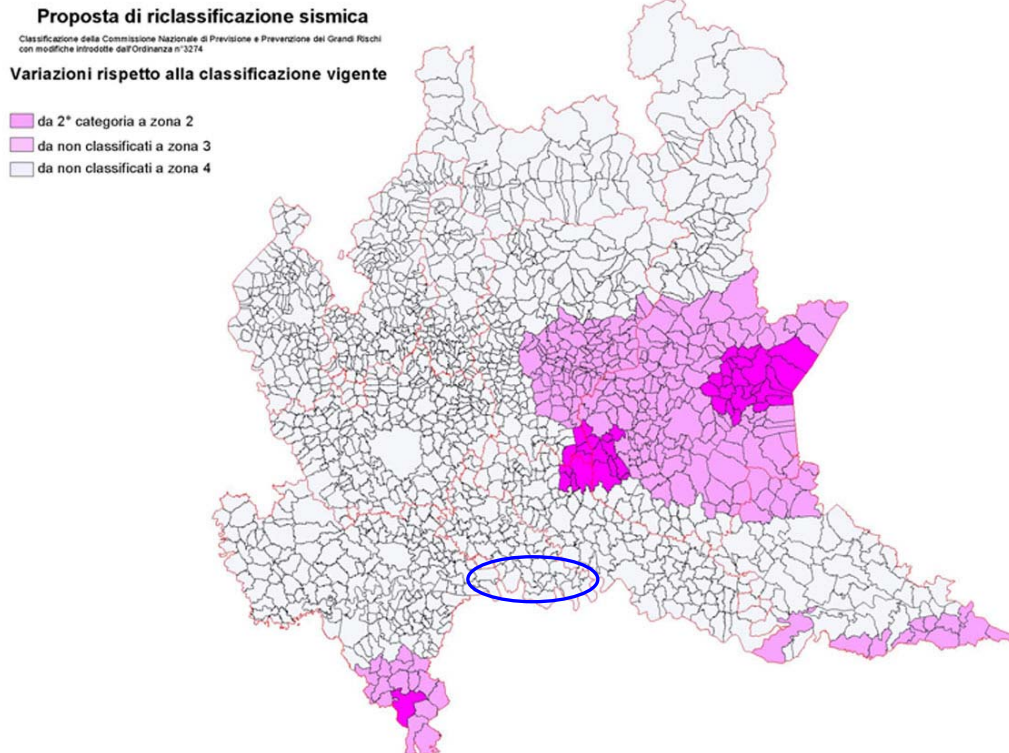
Essa ha fornito nuovi criteri di classificazione sismica del territorio nazionale e nuove norme tecniche per la progettazione: tali criteri hanno modificato sostanzialmente la situazione della Regione Lombardia; in particolare, i territori dei comuni ricadenti nell'area interessata dal progetto, che prima delle modifiche introdotte dall'Ordinanza 3274 erano classificati come non sismici, con la nuova normativa vengono inseriti in **Zona sismica 4**. Tale zona è stata individuata secondo valori di accelerazione di picco

orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema seguente:

<i>Zona</i>	<i>Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (<math>a_g/g</math>)</i>	<i>Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (<math>a_g/g</math>)</i>
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

<b>Comune</b>	<b>Zona sismica</b>
Chignolo Po	4
Orio Litta	4
Senna Lodigiana	4
Somaglia	4
Fombio	4
San Fiorano	4
S. Stefano Lodigiano	4
Corno Giovine	4
Maleo	4

*Classificazione sismica dei comuni interessati dal progetto*



## 10 - Caratterizzazione geotecnica dei materiali

In questa fase, in attesa di una caratterizzazione di dettaglio dei materiali di fondazione, la quale verrà realizzata mediante una campagna di indagini geognostiche (principalmente consistenti in prove penetrometriche dinamiche pesanti in corrispondenza dei sostegni previsti), viene fornita una caratterizzazione geotecnica preliminare dei depositi quaternari interessati dalle opere. I dati stratigrafici e le caratteristiche dei terreni sono desunti dagli studi geologici comunali reperiti, oltre che dai dati di letteratura esistenti. Le litologie di seguito descritte fanno riferimento alla carta geolitologica allegata alla presente relazione.

Partendo dal modello geologico di dettaglio, fornito nei capitoli precedenti, è possibile discriminare le litologie affioranti lungo il tracciato dell'elettrodotto, in tre gruppi, sulla base della natura granulometrica e delle caratteristiche di resistenza al taglio. Nelle

tabelle successive si riportano i parametri geotecnici dei materiali di fondazione e le aree relative di localizzazione rispetto alle opere in progetto:

1. LIMI (LIMI; LIMI CON SABBIA; LIMI SABBIOSI)

<b>LIMI</b>						
Profondità		granulometria	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\phi$ (°)	C kN/m <sup>2</sup>	$\mu$
da metri	a metri					
0	10	LIMI; LIMI CON SABBIA; LIMI SABBIOSI	16,5-17	22 - 30	0-10	0,3-0,35

	note
380 kV La Casella - San Rocco	sost. 5/sost. 6; sost. 8/sost.15; sost 25/ sost 10Es
380 kV Caorso - San Rocco	sost. 9Es; sost. 7/sost. 10; sost 13/sost. 17
380 kV Chignolo Po - Maleo	sost. 5/sost. 6; sost. 8/sost. 15; sost. 18/sost. 19; sost. 25/sost. 42; sost. 48; sost. 54/sost. 57; sost. 60; sost. 64
Stazione elettrica Chignolo Po	
Stazione elettrica Maleo	

2. SABBIE (SABBIE POCO GRADATE; SABBIE POCO GRADATE CON GHIAIA; SABBIE POCO GRADATE CON LIMO; SABBIE POCO GRADATE CON LIMO E GHIAIA; SABBIE BEN GRADATE CON LIMO; SABBIE ARGILLOSE; SABBIE LIMOSE)

<b>SABBIE</b>						
Profondità		granulometria	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\phi$ (°)	C kN/m <sup>2</sup>	$\mu$
da metri	a metri					
0	10	SABBIE POCO GRADATE; SABBIE POCO GRADATE CON GHIAIA; SABBIE POCO GRADATE CON LIMO; SABBIE POCO GRADATE CON LIMO E GHIAIA; SABBIE BEN GRADATE CON LIMO; SABBIE ARGILLOSE; SABBIE LIMOSE	17,5-18	28 - 35	0-5	0,3-0,4

	note
380 kV La Casella - San Rocco	sost. 1/sost. 4; sost. 7; sost 16/ sost 17; sost 20/ sost 24
380 kV Caorso - San Rocco	sost. 1/sost.6; sost. 11/sost. 12; sost 18/sost. 22
380 kV Chignolo Po - Maleo	sost. 1/sost. 4; sost. 7; sost. 16/sost. 17; sost. 20/sost. 25; sost. 43/sost. 47; sost. 49/sost. 53; sost. 58/sost.59; sost. 65/sost.68
Stazione elettrica Chignolo Po	L'intera sagoma d'ingombro della stazione verrà fondata su litologie sabbiose
Stazione elettrica Maleo	L'intera sagoma d'ingombro della stazione verrà fondata su litologie sabbiose

3. GHIAIE (GHIAIE BEN GRADATE; GHIAIE BEN GRADATE CON SABBIA; GHIAIE BEN GRADATE CON LIMO E SABBIA; GHIAIE LIMOSE CON SABBIA)

GHIAIE						
Profondità		granulometria	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	$\phi$ (°)	C kN/m <sup>2</sup>	$\mu$
da metri	a metri					
0	10	GHIAIE BEN GRADATE; GHIAIE BEN GRADATE CON SABBIA; GHIAIE BEN GRADATE CON LIMO E SABBIA; GHIAIE LIMOSE CON SABBIA	17,5-18,5	32 - 38	0	0,3-0,4

	note
380 kV La Casella - San Rocco	non interessano direttamente le aree nelle quale è prevista la realizzazione dei sostegni
380 kV Caorso - San Rocco	non interessano direttamente le aree nelle quale è prevista la realizzazione dei sostegni
380 kV Chignolo Po - Maleo	non interessano direttamente le aree nelle quale è prevista la realizzazione dei sostegni
Stazione elettrica Chignolo Po	non interessano direttamente le aree nelle quale è prevista la realizzazione dei sostegni
Stazione elettrica Maleo	non interessano direttamente le aree nelle quale è prevista la realizzazione dei sostegni

dove:

$\gamma_n$  = peso di volume naturale del terreno

$\phi$  = angolo d'attrito del terreno

C= coesione

$\mu$  = coefficiente di Poisson

## **11 - Criteri progettuali delle strutture di fondazione**

### **11.1 - Elettrodotti aerei**

La realizzazione di un elettrodotto aereo è suddivisibile in tre fasi principali:

- esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
- montaggio dei sostegni;
- messa in opera dei conduttori e delle corde di guardia.

Solo la prima fase comporta movimenti di terra.

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

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni di circa 3x3 m con una profondità non superiore a 4 m, per un volume medio di scavo pari a circa 30 m<sup>3</sup>; 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.

Nel caso di terreni con falda superficiale, si procederà all'aggottamento della fossa con una pompa di esaurimento.

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, mediamente meno del 10% di quello scavato, può essere utilizzato in loco per la successiva sistemazione del sito o allocato in discarica.

Saranno inoltre realizzati dei piccoli scavi in prossimità del sostegno per la posa dei dispersori di terra con successivo reinterro e costipamento.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso ciascun "microcantiere" e successivamente il suo utilizzo per il reinterro degli scavi, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito. In caso contrario,

saranno eseguiti appositi campionamenti e il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente.

In particolare, poiché per l'esecuzione dei lavori non sono utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e terre, nelle aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali in cui sono assenti scarichi, vale a dire nelle aree in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito.

Per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili, sono da considerare fondazioni speciali (pali trivellati e micropali), che verranno definite sulla base di apposite indagini geotecniche.

In questo caso le opzioni possibili comprendono la realizzazione di pali trivellati o micropali a seconda delle caratteristiche del terreno. Nel primo caso, gli scavi riguarderanno la realizzazione di un fittone per ogni piedino mediante trivellazione fino alla quota prevista in funzione della litologia del terreno desunta dalle prove geognostiche eseguite in fase esecutiva (mediamente 15 m) con diametri che variano da 1,5 a 1,0 m, per complessivi 15 m<sup>3</sup> circa per ogni fondazione, posa dell'armatura e getto del calcestruzzo fino alla quota di imposta del traliccio. Durante la realizzazione dei trivellati, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzata, in alternativa al tubo forma metallico, della bentonite che a fine operazioni dovrà essere recuperata e smaltita secondo le vigenti disposizioni di legge.

Nel secondo caso, verranno realizzati una serie di micropali per ogni piedino con trivellazione fino alla quota prevista. Il volume di scavo complessivo per ogni piedino è circa 4 m<sup>3</sup>. 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.

Le fondazioni dei pali monostelo autoportanti, saranno invece costituite da 4 pali trivellati del diametro indicativo di 80 cm e di lunghezza da stabilirsi sulla base delle indagini geotecniche, i quali saranno collegati ad una platea di fondazione di dimensioni indicative 3\*3 metri e profondità di imposta di circa 1 metro sulla quale verrà collegato il palo tubolare a mezzo di tirafondi annegati nella platea.

In considerazione della bassa soggiacenza della falda, buona parte dei sostegni del tracciato avranno le fondazioni sotto la superficie media della falda, oppure verranno interessati dalle oscillazioni stagionali. Per evitare fenomeni di cedimento, dove



possibile, sarà sempre opportuno posare il piano di fondazione al di sotto della linea di minima escursione della falda, in modo che la fondazione rimanga sempre "a mollo" e non sia soggetta alle oscillazioni piezometriche; per evitare il veloce deterioramento delle caratteristiche strutturali del calcestruzzo, a causa dell'aggressione chimico-fisica dell'acqua di falda, occorrerà che abbia una resistenza caratteristica  $R_{CK} \geq 350$  kg/cm<sup>2</sup> ( $\geq 35$  N/mm<sup>2</sup>) e una classe di esposizione ambientale almeno XA2.

### **11.2 - Stazioni elettriche**

I movimenti di terra per la realizzazione delle stazioni elettriche di Chignolo Po e di Maleo consistono nei lavori civili di preparazione del terreno e negli scavi necessari alla realizzazione delle opere di fondazione (edifici, portali, fondazioni macchinario, torri faro, etc).

L'area di cantiere in questo tipo di progetto è costituita essenzialmente dall'area su cui insisterà l'impianto.

I lavori civili di preparazione consisteranno in un eventuale sbancamento/riporto al fine di ottenere un piano a circa -600÷800 mm rispetto alla quota del piazzale di stazione; il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il riempimento degli scavi e per il livellamento delle terreno alla quota finale di progetto, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito. In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche.

Poiché per l'esecuzione dei lavori non sono utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e terre, nelle aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali in cui sono assenti scarichi e in tutte le aree in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito.

L'eventuale terreno rimosso in eccesso sarà conferito in discarica nel rispetto della normativa vigente.

**12 - Stabilità degli scavi**

In fase di esecuzione delle opere, per quanto riguarda i plinti di fondazione dei sostegni dell'elettrodotto, sarà necessario prevedere uno scavo di sbancamento per raggiungere il piano fondazionale: si pone quindi il problema della stabilità delle scarpate di scavo.

Occorrerà garantire la massima sicurezza in fase di scavo, per evitare l'innescarsi di superfici di scivolamento all'interno dei fronti di scavo. Sarà quindi opportuno procedere gradatamente, fino ad arrivare all'angolo di scarpa di progetto, per consentire il rilascio delle forze tensionali dei materiali portati a giorno.

Sarà inoltre opportuno che tutte le operazioni di scavo vengano effettuate adottando le massime precauzioni contro le infiltrazioni di acque meteoriche o altre cause di possibile deterioramento delle caratteristiche di resistenza dei materiali. In particolare, nel caso di fermi cantiere tecnici particolarmente lunghi, occorrerà provvedere alla copertura dei fronti di scavo con teli, partendo da almeno 2 m dal ciglio della scarpata, per evitare eccessive infiltrazioni dell'acqua piovana. Inoltre si dovrà aver cura di evitare lo stazionamento dei mezzi e il posizionamento di pesi sul ciglio delle scarpate al fine di non pregiudicare la stabilità degli stessi.

Trattandosi di scavi di altezza massima intorno ai 4 metri appare opportuno verificare preliminarmente la stabilità degli scavi, ed in particolare, la scarpa da attribuire a questi. In via preliminare, in attesa che vengano realizzate le indagini di dettaglio, si è proceduto assegnando al terreno parametri di resistenza al taglio medi rappresentativi delle litologie interessate dall'opera, e verificando quindi la stabilità di uno scavo di profondità 4 metri per ottenere un fattore di sicurezza minimo pari a 1.3, come da normativa vigente.

La metodologia di calcolo adottata e quella proposta da Fellenius e la scarpa adeguata da attribuire agli scavi è risultata essere di 3/2 (rapporto lunghezza/altezza)

<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	Fellenius
numero conci	20
numero strati terreno	1
<b>FALDA</b>	assente (in presenza di acqua questa verrà collettata a mezzo di pompe)
<b>PESO DI VOLUME NATURALE TERRENO</b>	17,5 KN/mc

<b>PESO DI VOLUME SATURO TERRENO</b>	18,5 KN/mc
<b>ANGOLO D'ATTRITO</b>	26°
<b>COESIONE</b>	4 Kpa
<b>ALTEZZA SCAVO</b>	4 m
<b>SCARPA DELLO SCAVO</b>	3 su 2
<b>FATTORE DI SICUREZZA DA NORMATIVA VIGENTE</b>	1,3
<b>FATTORE DI SICUREZZA MINIMO CALCOLATO</b>	1,34

## 12 - Capacità portante dei terreni

Si fornisce una stima preliminare della portanza dei terreni. Tale stima viene effettuata solo per i sostegni degli elettrodotti in progetto; per quanto riguarda le stazioni elettriche i carichi distribuiti sul terreno non saranno significativi rimandando quindi al progetto esecutivo il calcolo puntuale delle portanze per le singole strutture previste all'interno delle stazioni elettriche. Sono state considerate fondazioni dirette per i sostegni a traliccio e fondazioni indirette (pali trivellati) per i sostegni tubolari monostelo, secondo le casistiche così riassumibili:

1. fondazione dei sostegni di tipo "a traliccio" non immersa in falda
2. fondazione dei sostegni di tipo "a traliccio" immersa in falda
3. fondazione dei sostegni tubolari monostelo non immersi in falda
4. fondazione dei sostegni tubolari monostelo immersi in falda

I parametri di resistenza al taglio dei terreni vanno intesi come valori medi dei terreni interessati dalle opere, analisi più approfondite verranno realizzate a seguito dei risultati delle indagini geognostiche in fase di progetto esecutivo.

### 1. fondazione sostegno a traliccio in assenza di falda

<b>DESCRIZIONE FONDAZIONE</b>	fondazione costituita da quattro plinti disposti agli angoli della base del traliccio
<b>LARGHEZZA PLINTO</b>	3 m
<b>LUNGHEZZA PLINTO</b>	3 m
<b>PROFONDITA' DI IMPOSTA</b>	4 m
<b>FALDA</b>	assente
<b>PESO DI VOLUME NATURALE TERRENO</b>	17,5 KN/mc
<b>PESO DI VOLUME SATURO TERRENO</b>	18,5 KN/mc
<b>ANGOLO D'ATTRITO</b>	26°
<b>COESIONE</b>	4 Kpa

<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	Terzaghi - Meyerhof - Brinch Hansen - Vesic
<b>FATTORE DI SICUREZZA</b>	3
<b>CAPACITA' PORTANTE AMMISSIBILE TOTALE SUI QUATTRO PLINTI</b>	
terzaghi	1560 KPa
Meyerhof	2360 KPa
Brinch - Hansen	2200 KPa
Vesic	2640 KPa

### 2. fondazione sostegno a traliccio in presenza di falda

<b>DESCRIZIONE FONDAZIONE</b>	fondazione costituita da quattro plinti disposti agli angoli della base del traliccio
<b>LARGHEZZA PLINTO</b>	3 m
<b>LUNGHEZZA PLINTO</b>	3 m
<b>PROFONDITA' DI IMPOSTA</b>	4 m
<b>FALDA</b>	soggiacenza - 2 metri da p.c.
<b>PESO DI VOLUME NATURALE TERRENO</b>	17,5 KN/mc
<b>PESO DI VOLUME SATURO TERRENO</b>	18,5 KN/mc
<b>ANGOLO D'ATTRITO</b>	26°
<b>COESIONE</b>	4 Kpa
<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	Terzaghi - Meyerhof - Brinch Hansen - Vesic
<b>FATTORE DI SICUREZZA</b>	3
<b>CAPACITA' PORTANTE AMMISSIBILE TOTALE SUI QUATTRO PLINTI</b>	
terzaghi	1040 KPa
Meyerhof	1520 KPa
Brinch - Hansen	1440 KPa
Vesic	1720 KPa

### 3. sostegno tubolare monostelo in assenza di falda

<b>DESCRIZIONE FONDAZIONE</b>	fondazione costituita da quattro pali trivellati collegati alla platea di fondazione
<b>DIAMETRO PALO</b>	0,8 m
<b>LUNGHEZZA PALO</b>	5 m
<b>FALDA</b>	assente
<b>PESO DI VOLUME NATURALE TERRENO</b>	17,5 KN/mc
<b>PESO DI VOLUME SATURO TERRENO</b>	18,5 KN/mc
<b>ANGOLO D'ATTRITO</b>	26°
<b>COESIONE</b>	4 Kpa

<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	Bowles
<b>FATTORE DI SICUREZZA</b>	3
<b>CAPACITA' PORTANTE AMMISSIBILE TOTALE (di punta e laterale)</b>	1200 KN

**4. sostegno tubolare monostelo in presenza di falda**

<b>DESCRIZIONE FONDAZIONE</b>	fondazione costituita da quattro pali trivellati collegati alla platea di fondazione
<b>DIAMETRO PALO</b>	0,8 m
<b>LUNGHEZZA PALO</b>	5 m
<b>FALDA</b>	soggiacenza - 2 metri da p.c.
<b>PESO DI VOLUME NATURALE TERRENO</b>	17,5 KN/mc
<b>PESO DI VOLUME SATURO TERRENO</b>	18,5 KN/mc
<b>ANGOLO D'ATTRITO</b>	26°
<b>COESIONE</b>	4 Kpa
<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	Bowles
<b>FATTORE DI SICUREZZA</b>	3
<b>CAPACITA' PORTANTE AMMISSIBILE TOTALE (di punta e laterale)</b>	700 KN