

Linee a 132 kV a Semplice Terna

**“Pessina – FS Cremona” T. 657**  
**“Pessina – Canneto sull’Oglio” T. 181**  
**“Asola – Canneto sull’Oglio” T. 184**

Progetto di razionalizzazione delle linee aeree a 132 kV  
 nell’area ad est di Cremona, previsto dal Piano di Sviluppo  
 della rete di trasmissione nazionale,  
 in provincia di Cremona e di Mantova

Relazione geologica geotecnica

**GEOLINE**  
 MEASUREMENTS  
 Via Solferino, 8 – 26012 Castelleone (CR)  
 Tel. 0374 579888 – Fax 0374 358368  
 C.F.: DND SNT 58R16 C153N - P.IVA: 01485420192  
 geoline.castelleone@gmail.com



Unità Progettazione Realizzazione Impianti.  
 Il Responsabile  
*(Signature)*  
**(P. ZANNI)**

**Storia delle revisioni**

Rev. 00	del 30/09/2019	Prima emissione
---------	----------------	-----------------

**Uso Pubblico**

Elaborato	Verificato	Approvato
Geoline	F. Pedrinazzi DTNO-UPRI-Team Linee	P. Zanni DTNO-UPRI

## Indice

<b>Premessa</b> .....	<b>3</b>
<b>Caratteristiche geologiche - geomorfologiche</b> .....	<b>7</b>
<b>Inquadramento idrogeologico</b> .....	<b>10</b>
<b>Azione sismica: analisi prove indirette</b> .....	<b>12</b>
<b>Considerazioni conclusive</b> .....	<b>17</b>

## Premessa

E' in progetto, nei comuni di Cremona, Persico Dosimo (CR), Gadesco Pieve Delmona (CR), Vescovato (CR), Cicognolo (CR), Pescarolo (CR), Pessina Cremonese (CR), Isola Dovarese (CR), Casalromano (MN), Asola (MN), la sostituzione di parte delle linee T. 657, T. 181 e T. 184.

I Comuni in esame sono inseriti, da Regione Lombardia<sup>1</sup>, in Zona sismica 3.

La presente relazione è finalizzata a descrivere le caratteristiche geologiche geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio in esame, attraversato dal tracciato della nuova linea aerea e per la sua redazione sono state utilizzate le seguenti norme di riferimento:

### Disposizioni Europee e Nazionali:

- D.M. 11.3.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Decreto Ministeriale 17.01.2018, Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circ. 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale, Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998), Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture, Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997), Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali - UNI
- Eurocodice 7.2 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### Disposizioni Regionali:

- L.R. 12/05, Criteri attuativi, Componente geologica, idrogeologica e sismica, DGR

<sup>1</sup> D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129.

2616/2011 - Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio;

- Regione Lombardia, Giunta Regionale, Direzione Generale Sicurezza, Polizia Locale e Protezione Civile "Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 della O.P.C.M. 20.3.03 n. 3274, in attuazione della D.G.R. 7.11.03 n. 14964.

Ubicazione intervento ed opere attraversate:

Il nuovo assetto di rete interferirà con:

- Gasdotto SNAM;
- Roggia Botta;
- Roggia Mainolda;
- Strada comunale "Persichello-Ardole San Marino";
- Strada comunale "via Tersilio Volta";
- Roggia Baldocca;
- Roggia Ambrosina;
- Roggia Delmoncello;
- Roggia Schizza;
- Roggia Alietta;
- Roggia Alia;
- S.P.n.26 "Brazzuoli-Pieve d'Olmi" (km 13+554);
- Canale Delmona;
- Linea elettrica a Bassa Tensione;
- Strada comunale di Ca' dei Mainardi;
- Roggia Gazzana;
- Fosso di Vescovato;
- Roggia Silvellino Magia;
- Linea elettrica a Bassa Tensione;
- Roggia Cavalletta;
- S.P.n. 3 "Montanara-Gabbioneta" (km 0+326);
- Colatore Malanotte – Fontanone;
- Strada comunale "via Vittorio Veneto";
- Roggia Pessa;
- Roggia Ciria;

- S.P.n.33 "Seniga-Isola Pescaroli" (km 8+610);
- Strada comunale "Pescarolo - Cicognolo";
- Roggia Bolla;
- Strada comunale "via Dante Alighieri";
- Linea elettrica a Bassa Tensione;
- S.P.n.28 "Gabbioneta-Derovere" (Km 4+066);
- Strada comunale "via delle Barricate";
- Roggia Seriolazza;
- Roggia Cadolina;
- Strada comunale "via Dei monaci Olivetani";
- Strada comunale "via VIII Maggio";
- Fiume Oglio;
- Strada comunale "via D.B. Grazioli";
- S.P.n.2 "Asola-Isola Dovarese" (km 9+360);
- Strada comunale "via San Donnino";
- S.P. n 2 "Asola-Isola Dovarese" (Km 7+350);
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Strada vicinale Della Pradellata;
- Strada vicinale Del Gesso;
- Roggia Mansareda;
- Roggia Cerano;
- Linea elettrica a Bassa Tensione;
- Strada vicinale Rondenino;
- S.P.n.4 "Canneto - Cadimarco" (Km 5+530);
- Canale Naviglio;
- Strada vicinale del Borgo;
- Roggia Gambara;
- Strada vicinale Conta;
- Vaso Turca;
- Linea elettrica a Bassa Tensione interrata;
- Strada vicinale di Masona;
- Fossa Asolana;
- Strada vicinale Malpasciuto Mantovano;

- Linea Telefonica;
- Linea elettrica a Bassa Tensione interrata;
- Strada comunale "via Rosetta Mangera";
- Strada comunale "via San P. Carminate";
- S.P.n.2 "Asola-Isola Dovarese" (Km 2+400);
- Strada comunale "via Emilia";
- Scolo Palpice;
- Strada comunale "via Liguria";
- Strada comunale "via Toscana";
- Linea RFI "Brescia - Parma" (km 51+171);
- Strada comunale "via Grazia Deledda".

## Caratteristiche geologiche - geomorfologiche

### Inquadramento regionale

La geologia di questo tratto di pianura lombarda è strettamente influenzata dall'alternanza delle azioni di deposito ed erosione dei corsi d'acqua (fiumi Po a sud e Oglio a nord), connessi ai complessi fenomeni climatici che si sono susseguiti dal Pleistocene ai nostri giorni.

Nella pianura cremonese e mantovana sono attualmente riconoscibili una serie di terrazzi fluviali la cui successione altimetrica risponde alla regola: la quota è tanto maggiore quanto più antica è l'età del terrazzo; inoltre tanto più antica è l'età del terrazzo più ridotta sarà la sua estensione attuale, in quanto sottoposto all'azione erosiva negli stadi interglaciali successivi.

La successione dei terrazzi nella pianura lodigiana è la seguente:

Fluviale Mindel: superfici più antiche e poste a quote maggiori,

Fluviale Riss: superfici intermedie per quota ed età,

Fluviale Würm: superfici più recenti e disposte a quote inferiori.

Quest'ultima costituisce il "Livello fondamentale della pianura o piano generale terrazzato (PGT)", risultato dell'ultima fase dell'esteso colmamento della pianura. Successivamente a tale colmamento alluvionale, nel corso del cataglaciale (fase di ripresa termica dopo il periodo freddo) würmiano, ha avuto inizio un ciclo prevalentemente erosivo protrattosi nell'Olocene, che ha determinato la formazione delle alte scarpate morfologiche che, incidendo il (PGT), delimitano le valli dei principali fiumi occupate, a loro volta, dai successivi depositi alluvionali medio recenti (fig. 1).



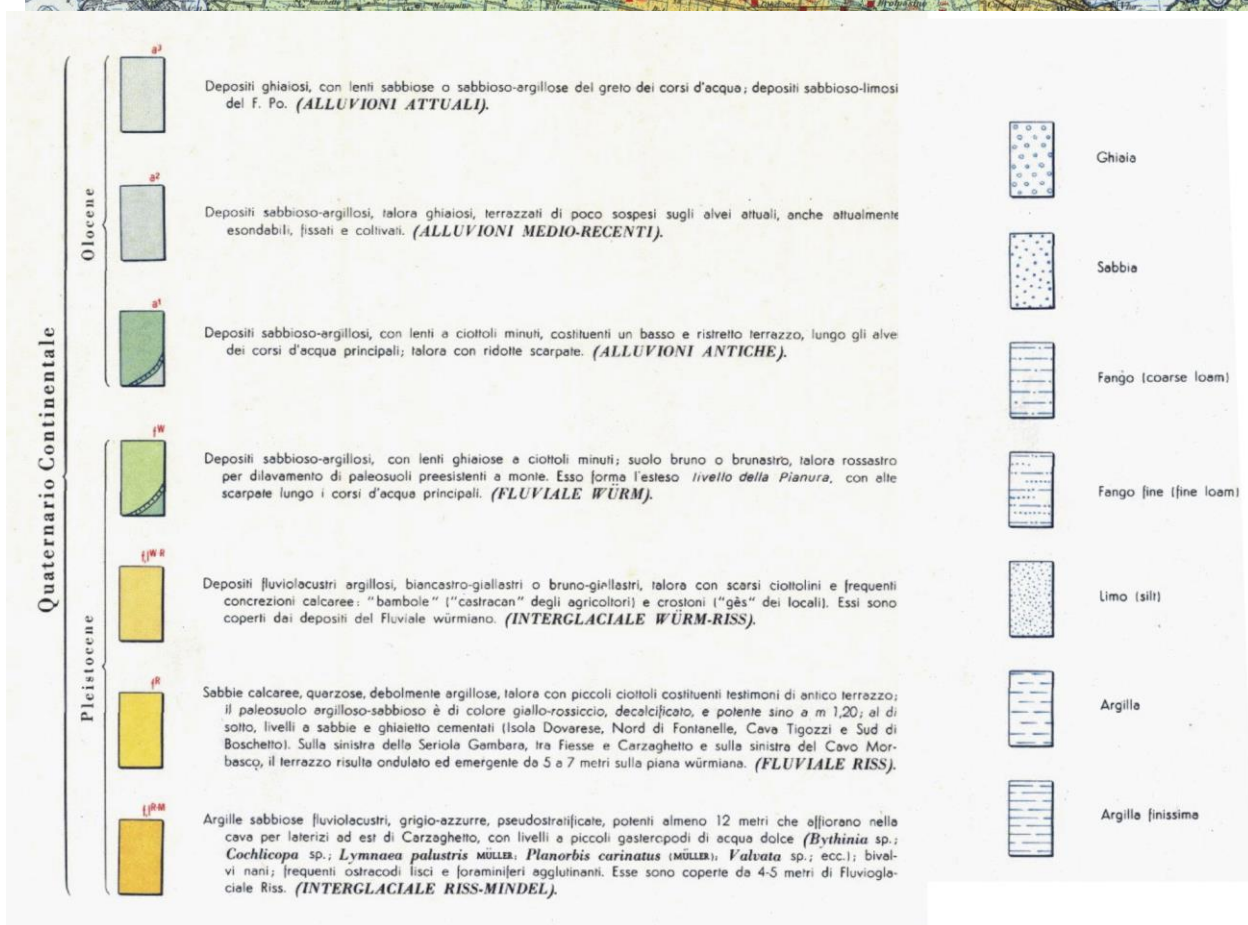
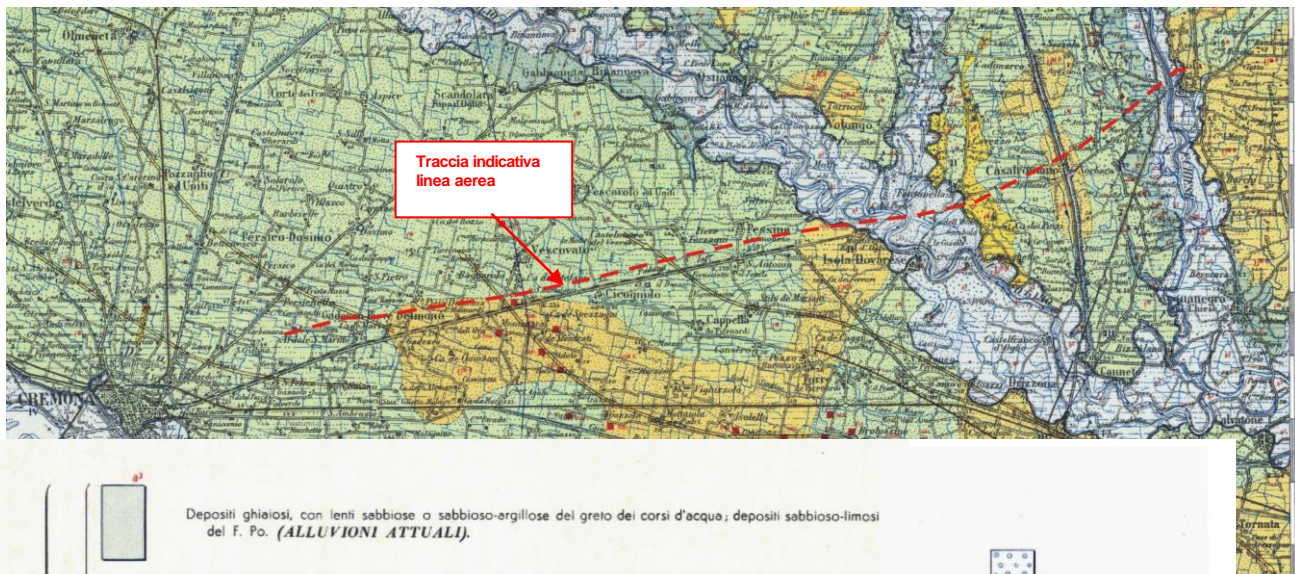


Fig. 1 – Estratto da Carta Geologica d'Italia 1:100.000, F61, Cremona.

In Fig. 1 si nota che il tracciato della linea aerea attraversa sia depositi alluvioni fluvioglaciali e fluviali, caratterizzati da depositi sabbiosi con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strato di alterazione superficiale di debole spessore generalmente bruno, condizioni tipiche del Livello Fondamentale della Pianura, che le alluvioni recenti del fiume Oglio.

In particolare si nota che il tracciato dell'elettrodotto in discussione attraversa le seguenti unità geomorfologiche (Carta geologica e geomorfologica All.



DE23181B1BBX00210) della porzione meridionale di pianura con aree stabili e idrografia di tipo meandriforme (bassa pianura sabbiosa) e della valle alluvionale del fiume Oglio.

Qui di seguito si descrivono le unità di paesaggio che interessano l'area attraversata dalla linea AT in oggetto:

<p><b>SISTEMA - L</b> Piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L.F.d.P.), formatasi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione ("würmiana").</p>	<p><b>LF 3</b> Depressioni di forma sub-circolare a drenaggio mediocre o lento, con problemi di smaltimento esterno delle acque, talora con evidenze di fossi scolanti e baulature dei campi.</p>
	<p><b>LF 4</b> Paleoalvei fossili o sovradimensionati rispetto ai corsi d'acqua che vi scorrono, delimitati da orli di terrazzo o raccordati alla pianura (LF 2), spesso con drenaggio mediocre o lento.</p>
	<p><b>LF 5</b> Superfici limitrofe ai principali solchi vallivi poco ribassate rispetto alla pianura (LF 2), generate da antiche divagazioni di corsi d'acqua, delimitate da orli di terrazzo discontinui o raccordate alla superficie modale, talora dotate di pendenze molto basse.</p>
	<p><b>LF 6</b> Dossi fluviali rilevati e di forma generalmente allungata, ubicati ai bordi delle scarpate erosive che delimitano i principali solchi vallivi di corsi d'acqua attuali o fossili.</p>
<p><b>SISTEMA - V</b> Valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico.</p>	
<p><b>SOTTOSISTEMA - VT</b> Superfici terrazzate costituite da "alluvioni antiche o medie", delimitate da scarpate d'erosione, E variamente rilevate sulle piane alluvionali (Olocene antico).</p>	<p><b>VT 1</b> Terrazzi fluviali stabili, delimitati da scarpate erosive evidenti, a morfologia pianeggiante o ondulata, comprendenti antiche linee di drenaggio (paleoalvei) lievemente ribassate ed affrancate dall'idromorfia.</p>
	<p><b>VT 3</b> Superfici di raccordo tra il L. F. d. P. e le piane alluvionali dei corsi d'acqua attivi, generalmente poco inclinate (bassa pendenza), originatesi per sovralluvionamento e ricopertura dell'orlo di terrazzo preesistente.</p>
<p><b>SOTTOSISTEMA - VA</b> Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da Sedimenti recenti od attuali (Olocene recente ed attuale).</p>	<p><b>VA 8</b> Superfici sub-pianeggianti corrispondenti alle piane alluvionali delle valli più incise, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui sono generalmente separate da gradini morfologici. Appartengono ai tratti medio-alti dei fiumi ove dominano patterns intrecciati, rettilinei e sinuosi.</p>

## Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico del territorio cremonese-mantovano (*Fig. 2 – Carta idrogeologica*) è dominato dall'azione drenante del fiume Oglio e del Po non meno che dalle scarpate create dalla sua attività erosiva.

La soggiacenza della falda varia notevolmente da un settore morfologico all'altro, soprattutto, a causa dell'elevazione delle aree e della distanza relativa dalle numerose scarpate.

In particolare nell'area in esame la soggiacenza varia meno di -1.00 m nella porzione interessata dalle valli alluvionali recenti del tracciato fino ad una soggiacenza anche maggiore di 5 m nella porzione caratterizzata dal livello fondamentale della pianura – piana fluvioglaciale.

Al piede delle scarpate morfologiche la falda è sub-affiorante e si mantiene a meno di 3 m di profondità su gran parte della piana alluvionale, ad eccezione delle aree più prossime alla scarpata del corso attivo dell'Oglio; ovviamente tali profondità possono diminuire significativamente durante fasi di piena prolungate.

In prossimità della sommità dell'orlo del terrazzo morfologico, si è osservato che il pelo libero dell'acquifero, soggiace anche 8-10 m da p.c.

Il flusso della falda superficiale ha andamento generale da NNO a SSE nel territorio cremonese, mentre in provincia di Mantova tende a verticalizzarsi orientandosi in direzione N-S, risentendo maggiormente dell'azione drenante del fiume Oglio.

Il regime della falda, come per tutta la bassa pianura, è caratterizzato da minimi invernali e da massimi primaverili estivi, legati prevalentemente alla fase di irrigazione dei campi. Il livello di falda è ovviamente influenzato dal regime di precipitazioni e dalle fasi di piena dell'Oglio e del Po, soprattutto nelle zone ad essi limitrofe.

La differenza tra livelli di falda massimi e minimi è nell'ordine del metro, con oscillazioni maggiori nelle zone prossime ai fiumi e in corrispondenza di periodi di piena.

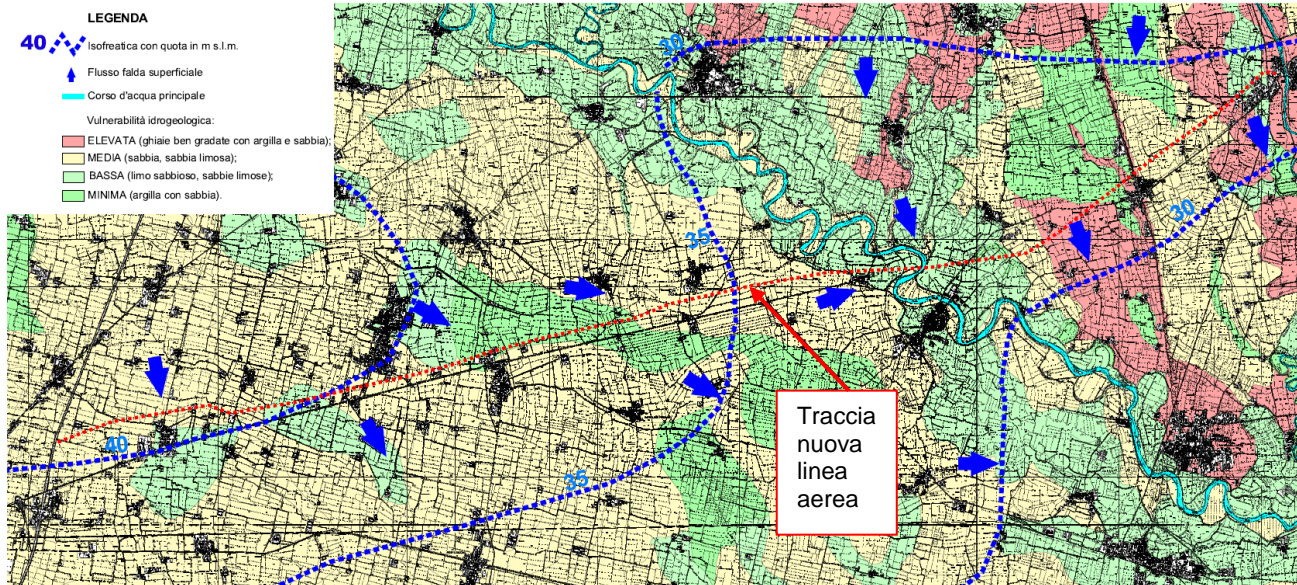


Fig. 2 – Carta Idrogeologica.

In Fig. 2 è riportata la suddivisione del territorio sulla base della soggiacenza della falda superficiale e della sua vulnerabilità, funzione della granulometria dei sedimenti superficiali; vi sono indicate le principali direzioni di deflusso.

In base a quanto osservato si indica il seguente modello idrogeologico di riferimento, basato sulla suddivisione del sottosuolo in due distinte litozone:

- **Litozona superficiale**: sede di falda freatica o semifreatica, costituita da facies a sabbie prevalenti con ghiaie. La potenza di strato è di 40-70 m, l'alimentazione dell'acquifero sotterraneo è diretta, dalla superficie immanente, per infiltrazione di acqua meteorica o irrigua. Vulnerabilità molto elevata;
- **Litozona intermedia**: ospita falde più semiartesiane verso il tetto, decisamente artesiane verso il letto della litozona, che può collocarsi a 100-120 m. Sabbie alternate a livelli argillosi con torbe denunciano ambiente di deposizione di transizione tra continente e mare. Le falde sono sufficientemente ricche di acque ed alimentate per infiltrazione non dalla superficie immanente ma da zone remote o dalla falda soprastante. Buona la protezione costituita dagli acquichiusi potenti 10-20 m.

La permeabilità media dei primi 15 m di terreno, analizzando le informazioni pedologiche, è pari a  $K = 10^{-3}-10^{-5}$  m/s, tipica di sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita.

## Azione sismica: analisi prove indirette

Si considerano le zonazioni sismiche e le eventuali indagini geofisiche (microtremori o MASW) eseguite per i PGT, componente geologica idrogeologica e sismica, dei comuni interessati dal nuovo tracciato. Questi studi permettono di ricavare, anche fondandosi su misure in situ, profili di velocità delle onde trasversali (onde S), secondo quanto previsto dalle nuove norme antisismiche. Le norme antisismiche richiedono la determinazione del tipo di suolo sismico entro cui si collocheranno le fondazioni dell'elettrodotto di progetto attraverso la determinazione della velocità delle onde S per i primi 30 metri ( $V_{S30}=30/\sum_{i=1, N} h_i/V_i$ ).

Il territorio in esame è inserito in **Zona sismica 3** (pericolo sismico basso)<sup>2</sup>. Con l'entrata in vigore del D.M. 17.01.2018 la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Secondo quanto indicato da Regione Lombardia (analisi di primo livello) ed evidenziato negli studi della componente geologica idrogeologica e sismica dei PGT (Piano di Governo del Territorio) è possibile considerare tutta l'area in esame appartenente alla "*pianura cremonese parte integrante dell'immenso fondovalle costituito dalla Pianura Padana (PSL Z4a)*"; di "*default*" tutta l'area comunale verrà dunque associata alla PSL Z4a (Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi).

Quindi gli effetti possibili degli scenari di pericolosità sismica locale evidenziati per l'area in esame sono i seguenti:

- amplificazioni litologiche e geometriche (Z4A).

Inoltre per le zone ricadenti nelle aree delle valli alluvionali del Fiume Oglio, del Vaso Cannata - Naviglio di Casalromano e del Vaso Asolana e le sue derivazioni da e in fiume Chiese, sono caratterizzate dallo scenario di pericolosità sismica Z2 (Z2a, cedimenti/Z2b, liquefazioni) tipica di zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti.

<sup>2</sup> D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129.

Definizione dell'accelerazione orizzontale propria del sito ( $A_g$  0.05g zona sismica 4).  
 Definizione tipo suolo sismico: la metodologia si basa sulla velocità delle onde trasversali o di taglio (onde S) nei primo 30m, per definire i fattori di amplificazione sismica locale ( $F_a$ ) nei periodi caratteristici  $0.1 < T < 0.5$  (edifici bassi e rigidi), e  $T > 0.5s$  (edifici alti ed elastici).

Nella Tabella seguente, sono indicati i suddetti valori, estratti dai PGT dei singoli comuni, sono sintetizzati le  $V_{s30}$  e il suolo sismico. La valutazione di affidabilità del dato sismico di cui alla tabella è dell'autore della presente relazione.

Comune	$V_{s30}$ (m/s)	Suolo sismico (secondo livello)	Fonte	Affidabilità dato
Cremona	264-293	C	Studio Bassi	Buona
Persico Dosimo	Non definito	D	PGT	Scarsa
Gadesco Pieve D.	266-281	C	PGT	Buona
Vescovato	Non definito	D	PGT	Scarsa
Cicognolo	224	C	PGT (Bassi)	Buona
Pescarolo	237	C	PGT (Bassi)	Buona
Pessina C.	Non definito	D	PGT	Scarsa
Isola Dovarese	207-244	C	PGT (Bassi)	Buona
Casalromano	Non definito	C	PGT	Scarsa
Asola	269-384	B-C	PGT	Buona

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto i suoli sismici sono suddivise in due gruppi: il primo gruppo con 5 categorie (A, B, C, D in Tabella A seguente) cui si assimilano le condizioni dell'elettrodotto di progetto, il secondo gruppo (categorie S1, S2) richiede, in ragione del rischio, studi speciali.

B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessore di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360m/s e 800 m/s (ovvero con $N_{SPT} > 50$ , o $c_u > 250$ kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s 360 m/s (ovvero con $15 < N_{SPT} < 50$ , o $70 < c_u < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero con $N_{SPT} < 15$ , o $c_u < 70$ kPa).

Tabella A

### Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato), considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il



valore dell'accelerazione massima ( $a_g S$ ) del terreno che caratterizza il sito. Si riporta qui di seguito lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale:

(5)	$0 \leq T \leq T_B$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$
(6)	$T_B \leq T \leq T_C$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$
(7)	$T_C \leq T \leq T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$
(8)	$T \geq T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right]$

Essendo:

- $S_e(T)$  = ordinata dello spettro di risposta elastico;
  - $a_g$  = accelerazione di picco in un terreno roccioso (valore di progetto dell'accelerazione del terreno);
  - $S$  = parametro che caratterizza il profilo stratigrafico del suolo di fondazione;
  - $\eta = (10/(5+\xi))^{1/2} \geq 0,55$  = fattore correttivo dello smorzamento;
  - $\xi$  = rapporto di smorzamento viscoso espresso in percentuale;
  - $T$  = periodo di vibrazione in secondi dell'oscillatore lineare semplice;
  - $T_B, T_C, T_D$  = parametri che determinano la forma dello spettro in relazione al tipo di suolo.
- I parametri  $S, T_B, T_C, T_D$ , sono riportati, in funzione della categoria di suolo, nella Tabella B.

Categoria	S	T <sub>B</sub> [s]	T <sub>C</sub> [s]	T <sub>D</sub> [s]
<b>B C (E)</b>	1,25	0,15	0,50	2,00
<b>D</b>	1,35	0,20	0,80	2,00

Tabella B

Si segnala che nei comuni di Persico Dosimo, Vescovato, Pessina C. e Casalromano (MN) è stato definito nel PGT un suolo sismico D, senza adeguate indagini sismiche, in contrasto con gli scenari di categoria sismica nei comuni limitrofi. Salva l'eventuale verifica sperimentale si ritiene verosimile indicare, anche per questa tratta di elettrodotto, il **suolo sismico C**.



## Azione geotecnica

Come già evidenziato nel capitolo precedente, il progetto del nuovo tracciato colloca alcuni dei pali di sostegno dell'elettrodotto in aree potenzialmente soggette a cedimenti e liquefazioni.

I pali in esame sono i seguenti:

Piana Alluvionale fiume Oglio:

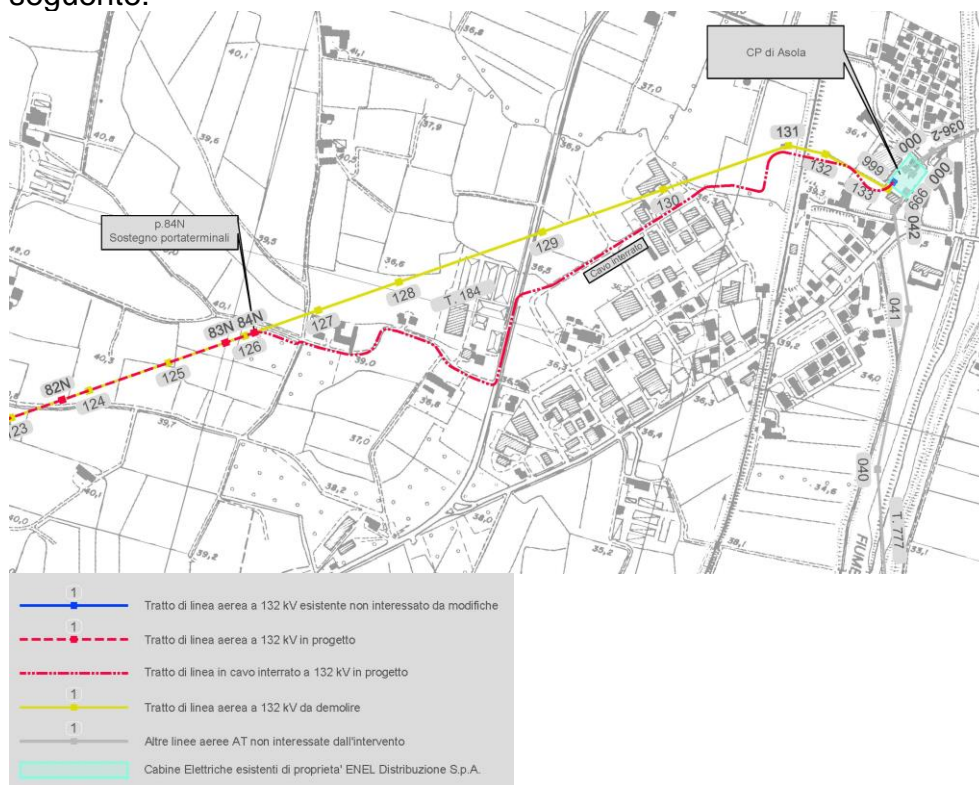
Pali→ 62N, 63N, 64N, 65N, 66N, 67N, 68N, 69N.

Piana Alluvionale Vaso Cannata – Naviglio di Casalromano:

Pali→ 77N, 78N.

Piana Alluvionale Vaso Asolana – Fiume Chiese

Pali→ 84N, con successivo tratto di linea elettrica interrata come da mappa seguente:



Per questi pali e per il tratto interrato dovrà essere eseguita la verifica alla liquefazione per le fondazioni.

Nella valle alluvionale del fiume Oglio, comune di Pessina Cremonese, il **palo 65N** ricade in **Fascia A del PAI** (Piano Assetto Idrogeologico). In questo caso si dovrà eseguire, oltre alla verifica alla liquefazione, anche una prova sismica MASW, con analisi di secondo livello, oltre a 2 prove penetrometriche di almeno -15.00 m. Non si esclude infatti la necessità di passare dalla fondazione diretta a platea, generalmente adottata per tutti i tralicci di sostegno dell'elettrodotto, a quella profonda, su pali, in ragione dell'eventuale erosione alla base del palo stesso da parte dell'onda di piena. Il dimensionamento delle fondazioni del palo dovrà tener conto delle forze di trazione positive dovute alla sovrappressione da sifonamento in periodo di piena.

## Considerazioni conclusive

L'area in esame è stata caratterizzata sia sotto l'aspetto geologico idrogeologico che sismico, analizzando i dati raccolti.

Il tracciato si sviluppa in gran parte entro il Livello Fondamentale della Pianura (depositi fluviali o fluvioglaciali) ed in subordine nelle valli alluvionali dell'Olocene recente o attuale.

In quest' ultimo settore la soggiacenza della falda è compresa tra -1.00 m a -5.00 m da p.c., con flusso della falda superficiale da NNO a SSE nel territorio cremonese, mentre in territorio mantovano tende a verticalizzarsi ed ha orientarsi maggiormente con direzione N-S, risentendo maggiormente dell'azione drenante del fiume Oglio.

I dati geofisici analizzati associano i terreni in esame al suolo sismico C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* –  $180 < V_{s30} < 360$  m/s). Le aree in esame sono in zona sismica 3 (bassa sismicità), soggette a possibili amplificazioni litologiche e geometriche (zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, scenario Z4a della classificazione di Regione Lombardia e nelle valli alluvionali oloceniche e recenti, sono soggette a possibili fenomeni di liquefazioni o cedimenti, oltre allo scenario sismico Z2 (cedimenti e/o liquefazione) in corrispondenza della Valle alluvionale del Fiume Oglio e del Fiume Chiese.

In fase esecutiva si indagheranno in modo puntuale i terreni di fondazione dei sostegni dell'elettrodotto predisponendo appropriate indagini geognostiche e sismiche.

In particolare per **palo 65N**, ricadente in fascia A del PAI, si dovrà eseguire, oltre alla verifica alla liquefazione, anche una prova sismica MASW, con analisi di secondo livello e 2 prove penetrometriche di almeno -15.00 m di profondità per caratterizzare il sottosuolo di fondazione, non escludendo la necessità di adottare fondazioni profonde per scongiurare erosione al piede.



ALLEGATI DI RIFERIMENTO:

- *Tabella sinottica*
- *Carta geomorfologica (Elaborato DE23181B1BBX00210)*

TAVOLA SINOTTICA

T 657																																			
PALO	134	135	136	137N	138N	139N	140N	141N	142N	143N	144N	145N	146N	147N	148N	149N	150N	151N	152N	153N	154N	155N	156N	157N	158N	159N	160N	161N	162N	163N	164N	165N	166N	167N	999
DISTANZA PROGRESSIVA	0	374,1	573,44	973,44	1373,44	1750,44	2142,44	2542,44	2942,44	3327,44	3724,44	4124,44	4524,44	4872,54	5272,55	5677,55	6077,55	6477,55	6882,55	7229,55	7599,55	8009,55	8419,55	8809,55	9209,55	9619,55	10019,55	10450,55	10820,55	11206,55	11591,55	11976,55	12361,55	12681,55	12766,67
DISTANZA PARZIALE		374,1	199,3	400	400	375	392	400	400	385	397	400	400	348,1	400	405	400	400	415	337	370	410	410	390	400	410	400	431	370	386	385	385	385	320	85,1
COMUNE	Pers.	Cremona	Persico d'Osimo (CR)				Gadesco Pieve Delmona (CR)				Vescovato (CR)				Cicognolo (CR)				Pesc.	Cic.	Pescarolo ed U. (CR)														
SISTEMA DI PAESAGGIO (ERSAL)	SISTEMA - L: Piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L.F.d.P.), formatasi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione ("würmiana"). SOTTOSISTEMA - LF Porzione meridionale di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo ("bassa pianura sabbiosa").																																		
UNITA' DI PAESAGGIO (ERSAL)	LF2				LF3				LF2				LF3																						
SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA (LR12/05, art. 57, DGR 30/11/11 n. IX/26100)	Z4a																																		
FASCIA PAI (L. 18/05/89 n. 183 art. 57 com. 6 ter)																																			
RETICOLO IDRICO MINORE CONS. BONIFICA											Dugale Delmona																								Cavo Ciria - Roggia Seriolezza
RETICOLO PRINCIPALE																																			

T 181																				T 184																							
PALO	0	50N	51N	52N	53N	54N	55N	56NA	56NB	57N	58N	59N	60N	61N	62N	63N	64N	65N	66N	67N	68N	69N	70N	71N	72N	73N	74N	205	205	75N	76N	77N	78N	79N	80N	81N	82N	83N	84N	TRATTO IN CAVO (L=1788 m)			999
DISTANZA PROGRESSIVA	0	250	660	1050	1460	1852,1	2102,1	2402,1	2752,1	3102,1	3512,1	3917,1	4332,1	4737,1	5142,1	5539,1	5949,1	6347,1	6748	7126	7487	7877	8277	8657,8	8989,2	9349,2	9689,2	10039,2	10039,2	10389,2	10789,2	11189,2	11589,2	11989,2	12389,2	12799,2	13204,2	13584,2	13649,2	14329,7	15195,5	15437,7	15437,7
DISTANZA PARZIALE		250	410	390	410	392,1	250	300	350	350	410	405	415	405	405	397	410	398	400,9	378	361	390	400	380,8	331,4	360	340	350	350	350	400	400	400	400	400	410	405	380	65	680,5	865,8	242,2	
COMUNE	Pessina Cremonese (CR)										I. Dov.	Casalromano (MN)									Casalromano (MN)				Asola (MN)																		
SISTEMA DI PAESAGGIO (ERSAL)	SISTEMA - L: Piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L.F.d.P.). SOTTOSISTEMA - LF Porzione meridionale di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo ("bassa pianura sabbiosa").										SISTEMA - V Valli alluvionali corripendenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico. SOTTOSISTEMA - VA Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti od attuali (Olocene recente ed attuale).							SISTEMA - L: Piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L.F.d.P.). SOTTOSISTEMA - LF				SISTEMA - L: Piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L.F.d.P.). SOTTOSISTEMA - LF				SISTEMA - V Valli alluvionali corripendenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico. SOTTOSISTEMA - VA Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti od attuali (Olocene recente ed attuale).				SISTEMA - V Valli alluvionali corripendenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico. SOTTOSISTEMA - VA Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti od attuali (Olocene recente ed attuale).													
UNITA' DI PAESAGGIO (ERSAL)	LF3	LF2				VA8							LF5	LF6	LF2	LF2				VA8	LF2	LF6	LF5	VT1	VT3	VA8																	
SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA (LR12/05, art. 57, DGR 30/11/11 n. IX/26100)	Z4a										Z4a/Z2a/Z2b							Z4a				Z4a				Z4a/Z2a/Z2b																	
FASCIA PAI											C	A	C									C																					
RETICOLO IDRICO RILEVANTE	Cavo Ciria - Roggia Seriolezza																				Vaso Cannata - Naviglio di Casalromano				Vaso Asolana e sue derivazioni in fiume Chiese																		
RETICOLO PRINCIPALE											Fiume Oglio																																