

**RIQUALIFICAZIONE A 380 KV DELL'ELETTRODOTTO AEREO "CASSANO – RIC. OVEST BRESCIA" NELLA TRATTA COMPRESA TRA LE CITTÀ DI CASSANO D'ADDA E CHIARI ED OPERE CONNESSE**

**RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE**



**Storia delle revisioni**

Rev.	Data	Descrizione
00	30/10/2013	Prima emissione
01	28/03/2014	Prima revisione

Elaborato	Verificato	Approvato
STEAM	L. Moiana	N. Rivabene

m010CI-LG001-r02

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>QUADRO PROGETTUALE .....</b>	<b>4</b>
2.1	Oggetto Dell'intervento .....	4
2.2	Descrizione Del Tracciato.....	6
2.3	Descrizione Delle Opere Previste.....	7
2.4	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE .....	8
2.4.1	Sostegni .....	8
2.4.2	Distanza tra i sostegni.....	10
2.4.3	Fondazioni.....	10
2.4.4	Modalità Esecutive Adottate per l'Intervento in Progetto .....	13
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E RACCOLTA DEI DATI.....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE .....</b>	<b>17</b>
5.1	Quadro Geologico E Geomorfologico.....	17
5.2	Quadro Idrogeologico .....	20
<b>6</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO .....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO.....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>ASSETTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO .....</b>	<b>34</b>
8.1	Profondità della Falda.....	36
<b>9</b>	<b>SISMICITA' DELL'AREA.....</b>	<b>39</b>
<b>10</b>	<b>VALUTAZIONE DEI DISSESTI ED ELEMENTI DI RISCHIO .....</b>	<b>42</b>
10.1	Fenomeni franosi.....	42
10.2	Vulnerabilità della falda.....	42
10.3	Aree a pericolosità idraulica tratte dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.....	44
10.4	Altri rischi e impatti potenziali .....	47
<b>11</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>48</b>
<b>12</b>	<b>INDICAZIONI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>51</b>
12.1	Considerazione geotecniche sui terreni di sottofondazione .....	51
<b>13</b>	<b>SINTESI DELLA VALUTAZIONE .....</b>	<b>53</b>
<b>14</b>	<b>NOTE CONCLUSIVE .....</b>	<b>56</b>
<b>15</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>57</b>

## ELENCO ELABORATI CARTOGRAFICI

Nella tabella seguente si riportano le Tavole sviluppate a corredo della Relazione Geologica Preliminare relative a carte tematiche.

<b>Codice Elaborato</b>	<b>Tavola</b>	<b>Titolo</b>
DETEBR11002BASA0030	Tavola 1_1	Corografia
DETEBR11002BASA0030	Tavola 1_2	Corografia
DETEBR11002BASA0030	Tavola 1_3	Corografia
DETEBR11002BASA0030	Tavola 1_4	Corografia
DETEBR11002BASA0030	Tavola 2_1	Tavola Geologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 2_2	Tavola Geologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 2_3	Tavola Geologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 2_4	Tavola Geologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 3_1	Tavola Litologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 3_2	Tavola Litologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 3_3	Tavola Litologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 3_4	Tavola Litologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 4_1	Tavola Geomorfologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 4_2	Tavola Geomorfologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 4_3	Tavola Geomorfologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 4_4	Tavola Geomorfologica
DETEBR11002BASA0030	Tavola 5_1	Tavola degli Elementi Idrografici ed Idraulici
DETEBR11002BASA0030	Tavola 5_2	Tavola degli Elementi Idrografici ed Idraulici
DETEBR11002BASA0030	Tavola 5_3	Tavola degli Elementi Idrografici ed Idraulici
DETEBR11002BASA0030	Tavola 5_4	Tavola degli Elementi Idrografici ed Idraulici

## 1 PREMESSA

Il presente studio è finalizzato a delineare il quadro geologico, idrogeologico e geotecnico di massima della porzione di territorio deputata alla riqualificazione dell'esistente elettrodotto aereo AT L-18 “Cassano – Ric.Ovest Brescia” nel tratto tra Cassano d’Adda e il Comune di Urago d’Oglio e alla realizzazione di un nuovo elettrodotto di raccordo con l’esistente Stazione Elettrica AT di Chiari.

La presente relazione, pertanto, si riferisce all'intera porzione di territorio interessata dalle attività (vedasi Tavole 1 “Corografia”). Le informazioni raccolte, basate su fonti di letteratura e documentazioni specifiche, si connotano come valutazioni preliminari.

## 2 QUADRO PROGETTUALE

In questo capitolo verrà descritta in sintesi l’opera in progetto. Per dettagli più approfonditi si rimanda alla Relazione Tecnica di progetto del PTO.

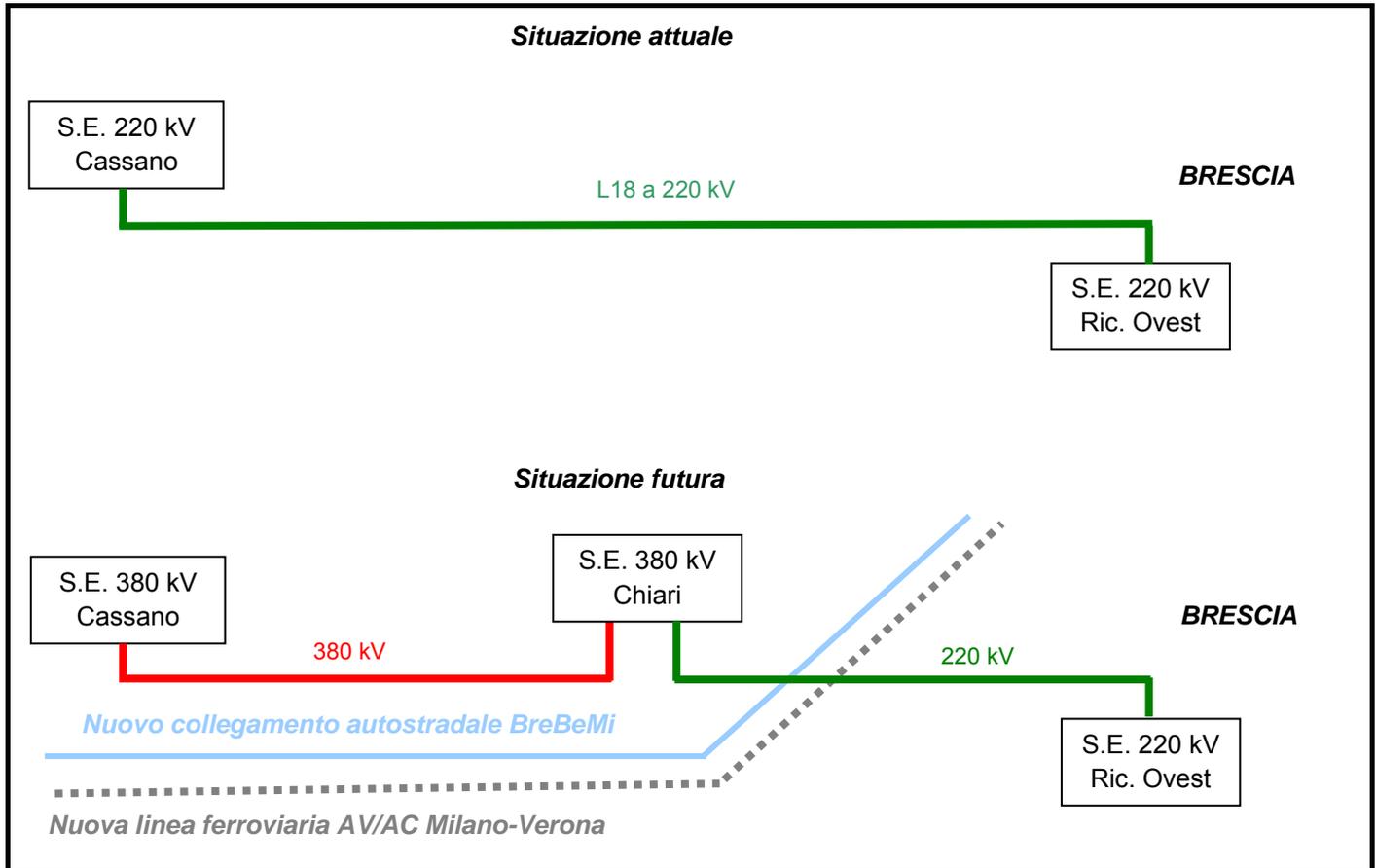
### 2.1 Oggetto Dell’intervento

Il progetto oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale (SIA) prevede la riqualificazione a 380 kV dell’elettrodotto aereo 220 kV “Cassano – Stazione Ricevitrice Ovest di Brescia”, nel tratto compreso tra la stazione elettrica di Cassano (MI) a Urago d’Oglio (BS), e la realizzazione di nuovi raccordi con la stazione elettrica di Chiari (BS). L’intervento, della lunghezza di circa 38 km, si sviluppa nelle province di Milano, Bergamo e Brescia, Regione Lombardia (**Tavola 100 dello SIA**).

Per effetto dell’intervento in progetto l’elettrodotto esistente a 220 kV “L18” a semplice terna “Cassano – Stazione ricevitrice ovest di Brescia” verrà diviso nelle due seguenti infrastrutture:

- elettrodotto a 380 kV, doppia terna, dalla stazione elettrica di Cassano a quella di Chiari ;
- elettrodotto a 220 kV, semplice terna, dalla stazione elettrica di Chiari alla Stazione Ricevitrice Ovest di Brescia, oggetto del presente studio limitatamente al tratto di raccordo dalla stazione di Chiari al tracciato della linea esistente che sarà progettato e realizzato alla tensione di 380 kV.

**Figura 2.1a Caratteristiche Elettriche dell'Elettrodotto**



L'intervento si sviluppa per ampi tratti nel corridoio infrastrutturale delle costruende infrastrutture Linea Ferroviaria AV/AC Milano - Verona e Autostrada BreBeMi.

A tale riguardo va ricordato che in tali tratti, nell'ambito del progetto di risoluzione delle interferenze dovute alla realizzazione di tali infrastrutture, l'elettrodotto in esame è stato ricostruito utilizzando sostegni di tipologia 380 kV armati con conduttori a 220 kV in semplice terna.

Ne discende che le tipologie di intervento del presente progetto sono diverse a seconda dei tratti interessati, in particolare si possono individuare le seguenti tipologie di intervento (vedere **Tavola 100** dello SIA e Tabella 2.1a):

- **Nuova costruzione elettrodotto a 380 kV con demolizione dell'elettrodotto esistente a 220 kV (Modalità di intervento A):** prevede la demolizione dei sostegni dell'esistente elettrodotto L18 e la costruzione dei nuovi sostegni a 380 kV. Interessa quattro tratti della linea, il tratto in uscita dalla stazione di Cassano che si attesta alla sezione a 380 kV (comuni di Cassano d'Adda e Trucazzano, provincia di Milano), il tratto che si sviluppa nei comuni di Casirate d'Adda, Treviglio, Calvenzano, Caravaggio, il tratto che si sviluppa nei comuni di Bariano, Romano di Lombardia, Covo e Antegnate (provincia di Bergamo) ed il tratto di collegamento al nuovo raccordo verso la stazione di Chiari (comune di Urago d'Oglio - Provincia di Brescia), dove la linea non si trova in affiancamento alle costruende infrastrutture di trasporto;
- **Armamento dei sostegni esistenti con mensole e conduttori 380 kV (Modalità di intervento B):** prevede il montaggio delle mensole e la posa dei conduttori trinati. Essa comprende i tratti in cui, in sede di risoluzione delle interferenze con i progetti infrastrutturali sono già stati realizzati i sostegni 380 kV (comuni di Cassano d'Adda Provincia di Milano, Caravaggio, Bairano, Calcio, in provincia di Bergamo, Rudiano e Urago d'Oglio Provincia di Brescia);
- **Realizzazione di nuovo elettrodotto a 380 kV (Modalità di intervento C):** interessa il raccordo in entra – esce dalla stazione di Chiari, da realizzarsi su nuovo tracciato (comuni di Urago d'Oglio e Chiari – provincia di Brescia).

**Tabella 2.1a Modalità d'Intervento**

	Rappresentazione grafica	Definizione	Tratti /Lunghezza [km]	Descrizione
Modalità A: Nuova Costruzione con Demolizione		Realizzazione nuovo elettrodotto aereo 380 kV DT	Nuova costruzione Sostegni 1 ÷ 3 [1 km] Sostegni 11 ÷ 37 [9,3 km] Sostegni 52 ÷ 72/1 [9,7 km] Sostegni 86 ÷ 87 [0,7 km]	Questa tipologia di intervento riguarda i tratti in cui è attualmente presente il tracciato e i sostegni dell'elettrodotto aereo 220 kV. Il progetto prevede la realizzazione dei nuovi sostegni dell'elettrodotto aereo a 380 kV DT in configurazione ST sdoppiata e ottimizzata e la demolizione dei sostegni dell'elettrodotto aereo esistente a 220 kV ST oltre alla realizzazione del nuovo raccordo aereo 220 kV ST.
		Realizzazione nuovo raccordo aereo 220 kV ST	Nuova costruzione Sostegno 68* [0,4 km]	
		Demolizione elettrodotto aereo esistente a 220 kV ST	Demolizione: Sostegni (1A) ÷ (1B) [0,3 km] Sostegni (11) ÷ (18) [9,4 km] Sostegni (31) ÷ (53) [9,7 km] Sostegni (67) ÷ (68) [0,9 km]	
Modalità B: Montaggio mensole e posa conduttori		Armamento sostegni esistenti con conduttori aerei 380 kV DT	Montaggio mensole e posa conduttori Sostegni 4 ÷ 10 [1,7 km] Sostegni 38 ÷ 51 [4,3 km] Sostegni 73 ÷ 85 [4,7 km]	In tali tratti sono stati già realizzati i sostegni dell'elettrodotto aereo 380 kV DT in sede di risoluzione delle interferenze delle nuove infrastrutture di trasporto con l'elettrodotto aereo 220 kV ST. Il presente progetto prevede il solo montaggio del secondo ordine di mensole e la tesatura dei conduttori aerei 380 kV in configurazione ST sdoppiata e ottimizzata.
Modalità C: Nuova Costruzione		Realizzazione nuovo elettrodotto aereo 380 kV DT	Nuova costruzione Sostegni 88 ÷ 98 [4,2 km]	Questo intervento riguarda il tratto dell'elettrodotto aereo 380 kV DT di ingresso alla stazione di Chiari su nuovo tracciato.

Il tratto di elettrodotto 380 kV realizzato in doppia terna, compreso tra la Stazione elettrica di Cassano e l'inizio del raccordo in "entra – esce", verso la Stazione elettrica di Chiari, sarà esercito in singola terna sdoppiata e ottimizzata, mentre i raccordi verso la stazione di Chiari ("Ingresso su Chiari"), dovendo garantire il collegamento sia con la Stazione di Cassano che con quella denominata Ricevitrice Ovest di Brescia, saranno realizzati ed eserciti in doppia terna.

## 2.2 Descrizione Del Tracciato

Il tracciato dell'elettrodotto, quale risulta dalle planimetrie allegare al Piano Tecnico delle Opere, è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n. 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- permettere il regolare esercizio e manutenzione degli elettrodotti.

I Comuni interessati dal passaggio dell'elettrodotto “Cassano – Ric. Ovest Brescia” oggetto di riqualificazione a 380 kV, nella tratta compresa tra le città di Cassano d'Adda e Chiari, sono elencati nella seguente tabella. Per ciascun tratto si riporta la modalità di intervento prevista, tra quelle descritte nella precedente *Tabella 2.2a*.

**Tabella 2.2a Elenco Comuni Interessati**

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	PERCORRENZA (km)	SOSTEGNI	MODALITÀ DI INTERVENTO
LOMBARDIA	MILANO	Cassano d'Adda	3,58	1, 3	A
				4-10	B
				11-12	A
		Truccazzano	0,20	2	A
		<b>Totale Provincia Milano</b>	<b>3,78</b>		
	BERGAMO	Casirate d'Adda	1,98	13-19	A
		Treviglio	3,92	20-26	A
				28-32	A
		Calvenzano	0,43	27	A
		Caravaggio	5,55	33-37	A
				38-48	B
		Fornovo San Giovanni	0,00	-	B
		Bariano	2,53	49-51	B
				52-54	A
		Romano di Lombardia	3,44	55-63	A
	Covo	3,12	64-69	A	
			71	A	
	Antegnate	1,38	70	A	
			72-73	A	
	Calcio	3,15	74-81	B	
		<b>Totale Provincia Bergamo</b>	<b>25,48</b>		
	BRESCIA	Urago d'Oglio	3,77	82-84	B
				86-87	A
90-93				C	
87-68*				A	
Rudiano	0,15	85	B		
Chiari	2,53	88-89	C		
		94-98	C		
	<b>Totale Provincia Brescia</b>	<b>6,45</b>			
<b>TOTALE ELETTRODOTTO</b>			<b>35,71</b>		

### 2.3 Descrizione Delle Opere Previste

Le opere in progetto consistono nella riqualificazione, a 380 kV in DT da Cassano a Chiari, del collegamento aereo esistente a 220 kV "Cassano - Ric. Ovest Brescia", denominato L18, che collega la stazione di Cassano d'Adda alla stazione Ricevitrice Ovest di Brescia.

Tale riqualificazione avrà uno sviluppo complessivo di circa 35,7 km, realizzato prevalentemente in corrispondenza, dell'asse dell'elettrodotto esistente.

Le variazioni di tracciato, rispetto all'esistente elettrodotto 220 kV, si concentrano in 3 punti:

- nella parte iniziale, per 1 km circa, nei Comuni di Cassano e Truccazzano, per consentire l'accesso alla sezione a 380 kV della stazione di Cassano;
- nel territorio del Comune di Treviglio, per circa 9 km, dove il tracciato, che ora interessa un'area urbanizzata, viene collocato parallelamente al corridoio infrastrutturale dell'autostrada Brebemi e della ferrovia AV/AC Milano – Verona;

- c) nella parte finale, per circa 4,9 km, nei comuni di Urago, Rudiano e Chiari, da dove il tracciato deve abbandonare quello dell'esistente L18 per raggiungere la stazione di Chiari.

Nella parte in cui il tracciato segue quello della esistente linea aerea a 220 kV – ovvero sulle tratte:

- nel Comune di Cassano d'Adda, per 1,7 km;
- nei Comuni di Caravaggio e Bariano, per 4,3 km;
- nei Comuni di Calcio, Urago e Rudiano, per 4,7 km,

per un totale di circa 10,7 km - la riqualificazione a 380 kV verrà realizzata utilizzando la palificazione attualmente in opera, già predisposta e dimensionata, nelle parti fuori terra e nelle fondazioni, per l'impiego a 380 kV.

I tratti intermedi di circa 9,3 km nei comuni di Casirate d'Adda, Treviglio, Calvenzano e Caravaggio e di circa 9,7 km, nei Comuni di Bariano, Romano di Lombardia, Covo ed Antegnate, richiedono invece la sostituzione dei sostegni esistenti, non adatti al futuro impiego. Si evidenzia che il tratto nel Comune di Romano di Lombardia riutilizzerà il tracciato esistente, ad eccezione di qualche piccolo scostamento dell'asse linea rispetto all'attuale, che raggiunge il suo massimo valore in 55 metri circa.

Contestualmente alla realizzazione dell'opera principale, si prevedono anche alcuni piccoli interventi collaterali sulle linee AT esistenti. In sintesi essi sono:

1. Spostamento degli ingressi attuali alla Stazione di Cassano delle linee esistenti a 380 kV denominate T.361 e T.304, modificando le sole campate di discesa dai sostegni capolinea esistenti (rispettivamente sostegno 3A e 3B) ai portali adiacenti agli attuali. Questi spostamenti si rendono necessari per consentire l'arrivo in stazione, da sud, del nuovo elettrodotto che si atterrerà sul portale attualmente occupato dall'elettrodotto T.361 ed interessano i Comuni di Cassano d'Adda e di Truccazzano;
2. Collegamento a 220 kV, mediante una campata tra i nuovi sostegni 87 e 68\* nel Comune di Urago d'Oglio, tra il tratto dell'elettrodotto L18 (ST a 220 kV) che rimarrà in opera, fino alla stazione Ric. Ovest di Brescia e quello nuovo (DT a 380 kV) diretto verso la stazione di Chiari.
3. Abbassamento dell'ingresso sulla Stazione di Chiari dell'esistente elettrodotto DT 132 kV n° 141/142 "Chiari - Cividate". L'intervento, ricadente nel Comune di Chiari, consiste nella sostituzione dei sostegni n° 2 e n° 3 al fine di abbassarne i conduttori ed ottimizzare l'attraversamento con il nuovo collegamento a 380 kV "Cassano - Chiari". Nel dettaglio:
  - i sostegni al picchetto n° 2 installati all'interno della Stazione di Chiari, attualmente costituiti da 2 sostegni a traliccio del tipo a semplice terna, saranno sostituiti da un unico sostegno del tipo a doppia terna.
  - il sostegno al picchetto n°3, attualmente costituito da un sostegno a doppia terna, verrà sostituito con 2 sostegni di tipo a semplice terna a delta rovesciato.

L'ubicazione dell'intervento è riportata negli elaborati in scala 1:10.000 Tavole 1 "Corografia" Doc. DETEBR11002BASA0030\_TAV1

## **2.4 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE**

Vengono di seguito descritte le caratteristiche tecniche principali delle opere estratte dal Piano Tecnico delle opere. Per semplicità di lettura, si fa qui riferimento solamente alle caratteristiche che risultano essere interessanti per l'analisi della componente suolo e sottosuolo. Si rimanda al citato documento per una descrizione più approfondita e completa.

### **2.4.1 Sostegni**

I sostegni di nuova costruzione saranno di varie altezze, in funzione delle opere attraversate e delle caratteristiche altimetriche del terreno, del tipo a doppia terna per linee 380 kV, con le sole eccezioni di quelli affiancati ai picchetti n. 30 e 31, in semplice terna a "delta rovescio" e del n. 68 lungo il tracciato dell'attuale elettrodotto L18, impiegato per il collegamento tra la nuova palificazione all'elettrodotto esistente, che sarà del tipo a semplice terna per linee 220 kV.

Le strutture previste possono venire classificate in due categorie:

- Tralici in angolari di acciaio zincati a caldo, bullonati e raggruppati in elementi strutturali;

- Tubolari monostelo.

Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature è stato eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona "A" che in zona "B".

I sostegni 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. Nei casi in cui ci sia l'esigenza tecnica di superare tale limite, si provvederà, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, alla verniciatura del terzo superiore dei sostegni e all'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia.

I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

Per quanto concerne le strutture fuori terra, le fondazioni ed i 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.

Ciascun sostegno si può considerare composto dalle parti inferiori (piedi e/o basi), da tronchi intermedi e dalla testa, della quale fanno parte le mensole. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Sulle sommità dei sostegni vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

Nel caso di sostegni a traliccio, i piedi, che sono l'elemento di congiunzione con le fondazioni, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

Gli elettrodotti saranno realizzati utilizzando serie unificate di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze denominate 'altezze utili' (di norma vanno da 15 a 42 m).

I tipi di sostegno standard utilizzati e le loro prestazioni nominali, con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio Ø 31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica (K) sono i seguenti:

### Sostegni 380 kV a traliccio per Doppia Terna tronco piramidale - ZONA B EDS 20 %

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"E" Eccezionale	15 ÷ 54 m	400 m	75°	0,3825
"C" Capolinea	15 ÷ 54 m	400 m	60°	0,3825
"V" Vertice	15 ÷ 54 m	400 m	32°	0,3825
"M" Medio	18 ÷ 54 m	400 m	8°22'	0,2895
"N" Normale	15 ÷ 54 m	400 m	4°10'	0,2276

### Sostegni 380 kV monostelo per Doppia Terna - ZONA B EDS 20 %

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"ACDT" Amarro Capolinea	15 ÷ 51 m	800 m	66°	0,35
"APDT" Amarro Pesante	15 ÷ 51 m	800 m	45°	0,30
"AMD T" Amarro Medio	15 ÷ 51 m	800 m	30°	0,25
"AND T" Amarro Normale	15 ÷ 51 m	600 m	22°	0,20
"ALDT" Amarro Leggero	15 ÷ 51 m	600 m	15°	0,20
"PDT" Pesante	15 ÷ 51 m	300 m	12°	0,20
"RDT" Rompitratte	15 ÷ 51 m	300 m	10°	0,20
"MDT" Medio	15 ÷ 51 m	300 m	6°	0,15
"NDT" Normale	15 ÷ 51 m	300 m	0°	0,10

**Sostegni 380 kV a traliccio per Semplice Terna a delta rovescio - ZONA B EDS 20 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"EA" Eccezionale	18 ÷ 42 m	400 m	100°	0,3825
"C" Capolinea	18 ÷ 42 m	400 m	60°	0,3825

**Sostegni 380 kV a traliccio per Semplice Terna tronco piramidale - ZONA B EDS 20 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"EP" Eccezionale	15 ÷ 42 m	400 m	100°	0,3825

**Sostegni 220 kV Semplice Terna tronco piramidale - ZONA B EDS 18 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"E" Eccezionale	12 ÷ 36 m	400 m	90°	0,3492

**Sostegni 132 kV Doppia Terna tronco piramidale - ZONA B EDS 18 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"E" Eccezionale	9 ÷ 33 m	350 m	90°	0,4155

**Sostegni 132 kV a traliccio per Semplice Terna a delta rovescio - ZONA B EDS 18 %-**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"E*" Eccezionale	9 ÷ 33 m	350 m	90°	0,4155

#### **2.4.2 Distanza tra i sostegni**

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 400 m per elettrodotti a 380 kV in Doppia Terna.

#### **2.4.3 Fondazioni**

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (flessione, compressione, trazione e taglio) dal sostegno al sottosuolo.

Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza. Per i sostegni 11, 16, 24 e 26 sono previste protezioni in terra armata.

#### **Sostegni tradizionali a traliccio**

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

- un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Per il calcolo di dimensionamento sono state osservate le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle fondazioni, viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall'articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988.

L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M. prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "Tabelle delle corrispondenze" che sono le seguenti:

- Tabella delle corrispondenze tra sostegni, monconi e fondazioni;
- Tabella delle corrispondenze tra fondazioni ed armature colonnino.

Con la prima tabella si definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato, mentre con la seconda si individua la dimensione ed armatura del colonnino corrispondente.

Come già detto le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, pertanto le fondazioni per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili sono oggetto di indagini geologiche e sondaggi mirati, sulla base dei quali vengono, di volta in volta, progettate ad hoc.

### **Sostegni compatti monostelo**

La base del sostegno termina con una flangia, alla quale si collega un cestello di tirafondi annegato, a sua volta, in un blocco unico di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, e da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte.

Per le verifiche di stabilità sono state osservate le prescrizioni per la verifica al ribaltamento riportate nell'articolo 2.5.03 del D.M. 21/3/1988.

Anche in questo caso, l'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "Tabelle delle corrispondenze".

L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M. 21/3/1988, prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato sulla base delle risultanze delle prove penetrometriche e dei sondaggi geognostici con successiva caratterizzazione geotecnica dei rilievi geologici.

Per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili, sono progettate fondazioni speciali (pali trivellati, micropali).

Di seguito sono descritte in generale le principali attività delle varie di tipologie di fondazione utilizzate.

### **Fondazioni monoblocco per sostegni tubolari monostelo**

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo della fondazione. Questa sarà in genere di tipo diretto e dunque si limitano alla realizzazione di 1 plinto in asse al sostegno.

La buca di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni di circa 9x9 m con una profondità non superiore a 3,5 m, per un volume medio di scavo pari a circa 250 m<sup>3</sup>; tale quantità verrà riutilizzata per circa la metà per i riempimenti e per circa metà per livellamenti locali, secondo le modalità di gestione descritte al paragrafo successivo. Una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra della fondazione la quale potrà essere a profilo quadrato o circolare, della larghezza di circa 4 metri.

Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone". Nel caso di terreni con falda superficiale, si procederà all'aggottamento della falda con una pompa di aggottamento, mediante realizzazione di una fossa.

In seguito si procede con la posa dell'armatura di ferro e delle casserature, il posizionamento dei tirafondi, il loro accurato livellamento, il getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il rinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo ai sensi della normativa vigente, o con materiale differente, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno.

#### Fondazioni a plinto con riseghe per Sostegni a Traliccio

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo delle fondazioni. Queste saranno in genere di tipo diretto e dunque si limitano alla realizzazione di 4 plinti agli angoli dei tralici (fondazioni a piedini separati).

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni di circa 6x6 m con una profondità non superiore a 4 m, per un volume medio di scavo pari a circa 150 m<sup>3</sup>; tale quantità verrà riutilizzata per circa 3/4 per i riempimenti e per circa 1/4 per livellamenti locali, secondo le modalità di gestione descritte al paragrafo successivo. Una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra dei colonnini di diametro di circa 1,0 m.

Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone". Nel caso di terreni con falda superficiale, si procederà all'aggotamento della falda con una pompa di aggotamento, mediante realizzazione di una fossa.

In seguito si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione, dei piedi e della base, 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 rinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo ai sensi della normativa vigente.

Per la realizzazione delle fondazioni a plinto, presso “micro cantieri” accessibili ai mezzi d'opera tramite strade secondarie esistenti, si useranno escavatori gommati, autocarri con gru per la posa dei ferri d'armatura e autobetoniere con calcestruzzo preconfezionato. Tutti i mezzi d'opera per le varie fasi di lavoro non abilitati a muoversi su strade pubbliche dovranno raggiungere le aree di lavoro o la prossimità delle medesime su piattaforme idonee trainate da autocarri.

#### Pali trivellati per Sostegni a Traliccio

La realizzazione delle fondazioni con pali trivellati avviene come segue:

- Pulizia del terreno;
- Posizionamento della macchina operatrice e 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 10÷15 m) con diametro da 1,5 m, per complessivi 25 m<sup>3</sup> circa per ogni fondazione; tale quantità verrà riutilizzata per circa il 10% per i riempimenti e per circa il 90% per livellamenti locali, secondo le modalità di gestione descritte al paragrafo successivo;
- Posa dell'armatura e getto del calcestruzzo fino alla quota di imposta della fondazione del traliccio;
- Dopo almeno sette giorni di stagionatura del calcestruzzo del trivellato si procederà al montaggio e posizionamento della base del traliccio, alla posa dei ferri d'armatura ed al getto di calcestruzzo per realizzare il raccordo di fondazione al trivellato; ed infine al ripristino del piano campagna ed all'eventuale rinverdimento.

Durante la realizzazione dei trivellati, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzata, in alternativa al tubo forma metallico, una camicia di materiale polimerico che a fine operazioni dovrà essere recuperata e/o smaltita secondo le vigenti disposizioni di legge.

Anche in questo caso il materiale di risulta potrà essere utilizzato in sito ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. L'eventuale parte in eccedenza verrà trattata secondo quanto previsto dalla normativa in materia di rifiuti, ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. .

#### Micropali per Sostegni a Traliccio

La realizzazione delle fondazioni con micropali avviene come segue:

- Pulizia del terreno;
- Posizionamento della macchina operatrice e realizzazione di una serie di micropali per ogni piedino con trivellazione fino alla quota prevista;
- Posa dell'armatura ed iniezione di malta cementizia;
- Scavo per la realizzazione della fondazione di raccordo micropali-traliccio, messa a nudo e pulizia delle armature dei micropali;
- Montaggio e posizionamento della base del traliccio, posa in opera delle armature del dado di collegamento e getto del calcestruzzo.

Il volume di scavo complessivo per ogni piedino è circa 3÷4 m<sup>3</sup>.

A seconda del tipo di calcestruzzo si attenderà un tempo di stagionatura variabile tra 36 e 72 ore e quindi si procederà al disarmo dei dadi di collegamento, al ripristino del piano campagna ed all'eventuale rinverdimento.

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. In questo caso il getto avverrà tramite un tubo in acciaio fornito di valvole (Micropalo tipo Tubfix), inserito all'interno del foro di trivellazione e iniettata a pressione la malta cementizia all'interno dello stesso fino alla saturazione degli interstizi.

Anche in questo caso il materiale di risulta potrà essere utilizzato in sito ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. L'eventuale parte in eccedenza verrà trattata secondo quanto previsto dalla normativa in materia di rifiuti, ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

#### **2.4.4 Modalità Esecutive Adottate per l'Intervento in Progetto**

In relazione alla normativa vigente, considerato che:

- all'atto della presentazione dell'istanza per l'autorizzazione alla realizzazione ed all'esercizio degli elettrodotti, Terna non ha la disponibilità dei suoli (le attività di asservimento e di natura espropriativa avverranno solo dopo l'avvenuta autorizzazione dell'opera);
- le attività di realizzazione degli elettrodotti sono caratterizzate dall'indifferibilità, urgenza e pubblica utilità;
- per l'impiego di materiali inerti e per l'esigua movimentazione delle terre nella stragrande maggioranza delle opere (sono escluse solo le grandi nuove stazioni elettriche), le attività di Terna non incrementano in alcun modo il livello di inquinamento dei suoli e non interessano mai la falda acquifera sotterranea,

la procedura che si intende adottare per la gestione dei materiali da scavo prevedrà sempre e in ogni caso una caratterizzazione dei suoli direttamente in fase di progettazione esecutiva e prima dell'inizio dei lavori. Le analisi di tale caratterizzazione saranno a disposizione per eventuali controlli da parte degli enti competenti.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio generale di gestione del materiale scavato dovrà prevedere il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e, successivamente, il suo utilizzo per il rinterro degli scavi, 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. I quantitativi di materiale scavato per ciascuna tipologia di fondazione e la quota parte destinata a riutilizzo e, conseguentemente, quella in eccesso, è riportata al paragrafo precedente.

### **3 METODOLOGIA E RACCOLTA DEI DATI**

Il lavoro ha avuto come scopo la raccolta e lo studio di tutte le fonti disponibili al fine della valutazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche del territorio interessato dalle opere in oggetto. Si è proceduto alla disamina delle conoscenze pregresse, attraverso la raccolta e l'analisi dei dati bibliografici e d'archivio.

In particolare i dati sono stati principalmente dedotti dalle seguenti fonti:

- Infrastruttura Informazione Territoriale della Regione Lombardia (<http://www.cartografia.regione.lombardia.it>);
- Relazioni geologiche fornite dai diversi Comuni afferenti al progetto;
- PTCP della Provincia di Bergamo;
- PTCP della Provincia di Brescia;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Po;
- Progetto INGV.

I dati così raccolti sono stati elaborati, attraverso l'analisi delle interferenze del tracciato, utilizzando il supporto cartografico visibile nelle Tavole allegate.

**In particolare, nella descrizione degli aspetti geologici e geotecnici dei terreni di fondazione, ci si è concentrati sui sostegni afferenti alla modalità di intervento A e C che prevedono la realizzazione di nuovi sostegni.**

**Non sono state effettuate valutazioni per quanto riguarda gli interventi del tipo A - demolizione, in quanto prevede la demolizione di sostegni esistenti e del tipo B che prevede il montaggio di mensole e posa dei conduttori su sostegni esistenti, non inducendo di fatto carichi che potrebbero in stabilizzare la situazione attuale.**

## 4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto di riqualificazione a 380 KV dell'elettrodotto aereo “Cassano – ric. Ovest Brescia” nella tratta compresa tra le città di Cassano d’Adda e Chiari ed opere connesse, interessa l’ambito geografico dell’Alta Pianura Padana il quale si presenta sostanzialmente pianeggiante e priva di elementi morfologici rilevanti.

Dal punto di vista altimetrico l’area si presenta sostanzialmente pianeggiante, le quote si collocano fra 110 e 150 m s.l.m.. Le altimetrie più elevate si trovano nei territori comunali di Chiari e Urago d’Oglio.

Il tracciato dell’elettrodotto attraversa sulla direttrice Ovest-Est l’Alta Pianura Padana, tranne l’ultimo tratto di circa 4,2 km, che interessa i Comuni di Urago d’Oglio e Chiari, che si snoda lungo la direttrice Nord-Sud.

Nell’area esaminata hanno sede di naturale scorrimento due affluenti di sinistra orografica del Fiume Po (*Figura 1*): il Fiume Adda e il Fiume Oglio. In posizione intermedia fra i due si snoda il corso del Fiume Serio, che è a sua volta affluente dell’Adda.

Il **Fiume Adda** segna il confine fra le province di Milano e Bergamo. Il Fiume Adda nasce a quota 2.150 m s.l.m. dal Monte Cassa del Ferro (Alpi Retiche), nella zona nord-orientale della Lombardia, in provincia di Sondrio; rappresenta uno dei principali affluenti del Fiume Po, nel quale confluisce all’altezza di Castelnuovo Bocca d’Adda, a quota 35 m s.l.m., dopo avere attraversato sei province in un percorso di circa 313 km.

Il suo bacino idrografico ha una superficie complessiva di circa 7.927 km<sup>2</sup> e viene distinto in tre importanti aree di riferimento: quella settentrionale, denominata Adda Sopralacuale, che interessa il fiume nel suo percorso dalla sorgente sino al Lago di Como, con andamento essenzialmente est-ovest, quella mediana, corrispondente al bacino del Lario, e quella meridionale, denominata Adda Sublacuale, ad andamento nord-sud.

L’andamento dell’Adda Sublacuale si presenta essenzialmente sinuoso ed è delimitato da terrazzi che raggiungono anche altezze importanti. Dall’abitato di Canonica d’Adda, dove riceve le acque del Brembo, assume un andamento meandriforme, all’interno della pianura cremonese, sino alla confluenza con il Po, incassato all’interno di terrazzi alluvionali delimitati da scarpate di erosione di altezza variabile. Poco prima della confluenza nel Po, l’Adda Sublacuale, presso Gombito, riceve il suo affluente principale, il Fiume Serio.

Grazie alla presenza dei profondi terrazzi entro i quali scorre, l’Adda Sublacuale presenta un grado di artificializzazione ed un rischio di inondazione pressoché nulli. Le opere in alveo sono costituite da numerose traverse in prevalenza a scopo idroelettrico; le opere idrauliche longitudinali sono quasi del tutto assenti, ad eccezione di qualche breve tratto sistemato con difese di sponda.

L’Adda ha una portata media annua che si aggira intorno ai 155 m<sup>3</sup>/s, influenzata da un regime pluviometrico di tipo continentale, con massimi estivi e minimi invernali.

Il **Fiume Serio** nasce da sorgenti che alimentano il Lago Superiore del Barbellino a circa 2.100 m di quota e dopo un percorso di circa 124 km, sfocia nel Fiume Adda a Bocca Serio (Cr). Il bacino imbrifero ha una superficie di circa 1.200 km<sup>2</sup>. Il fiume è alimentato prevalentemente dalle piogge e, in primavera, dallo scioglimento delle nevi. Il regime idrologico mostra le portate massime in tarda primavera, nei mesi di maggio e giugno, e le portate minime in autunno, nei mesi di settembre e ottobre. Il regime delle portate è condizionato dall’intenso sfruttamento delle acque (a fini idroelettrici nel bacino montano e irrigui in pianura) che causa la secca di alcuni tratti nei periodi di magra.

Il **Fiume Oglio** nasce dalla confluenza del Torrente Frigidolfo e del Torrente Narcanello, nei pressi di Ponte di Legno (Bs). Dopo aver percorso per 80 km la Valcamonica, gli ultimi 7 dei quali in Provincia di Bergamo, si immette nel Lago d’Iseo. Il suo bacino idrografico ha una superficie complessiva di circa 6.360 km<sup>2</sup> ed è suddiviso in tre aree distinte: Oglio Sopralacuale a nord, Sebino al centro (corrispondente al Lago d’Iseo) ed Oglio Sublacuale a sud. Il regime idrologico è tipicamente alpino, con portate massime tardo-primaverili e minime invernali, anche se l’andamento idrico viene costantemente regolato dall’attività di derivazione per scopi idroelettrici. La portata dell’Oglio sub lacuale è regolata da paratoie poste all’uscita del lago e soggetta a prelievi lungo il corso del fiume, la maggior parte dei quali alimentano canali a scopo irriguo. Il regime idrologico presenta variazioni stagionali poco accentuate a causa dell’azione regolatrice del lago. I deflussi sono in genere più elevati nell’estate-autunno e più modesti nell’inverno.

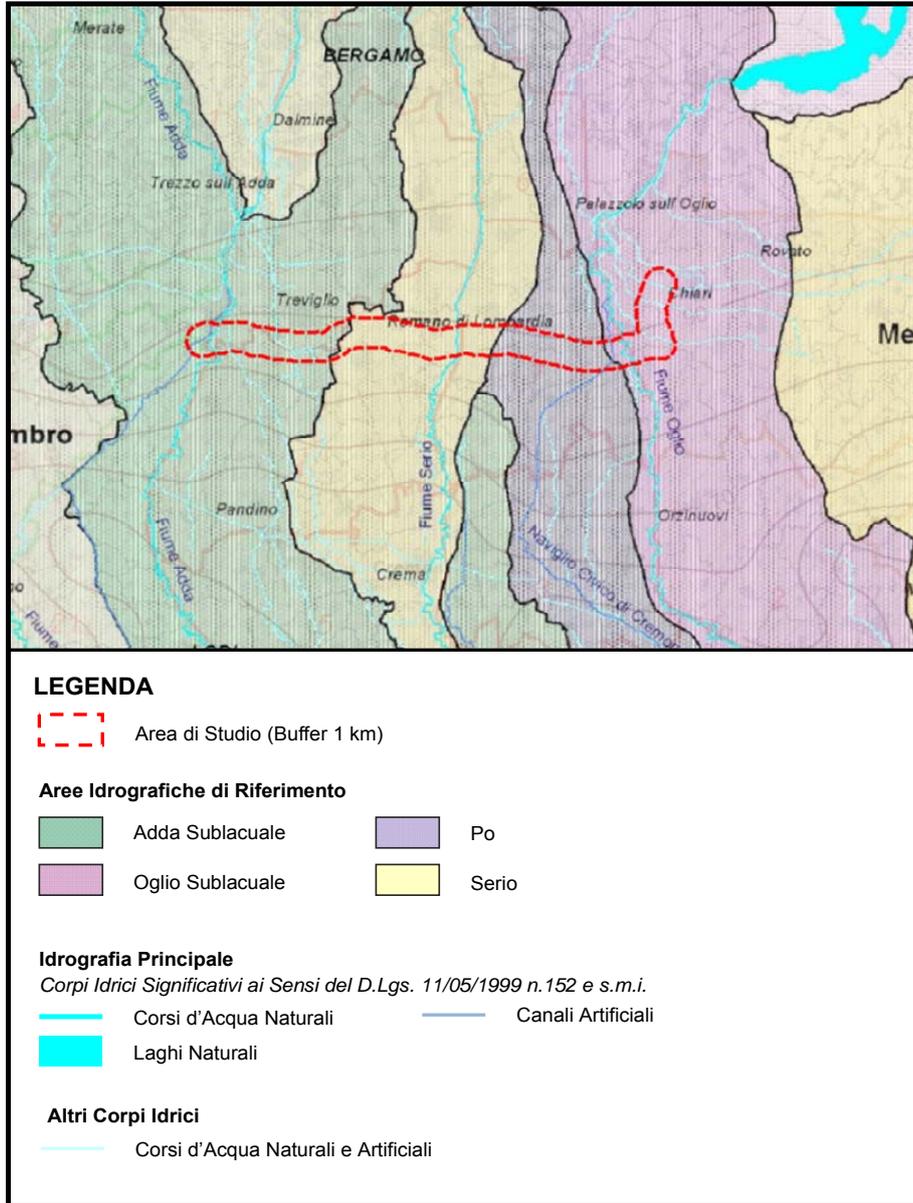


Figura 1 - Idrografia superficiale dell'area

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

### 5.1 Quadro Geologico E Geomorfologico

L'area indagata è costituita da una fascia della Pianura Lombarda che si estende in direzione ovest-est dal territorio comunale di Cassano d'Adda fino a quello di Chiari. Tale zona è costituita essenzialmente da parte delle aree di divagazione recenti ed attuali dei Fiumi Adda, Brembo, Serio, ed Oglio e dai depositi fluvio-glaciali pleistocenici tra esse interposti.

L'origine della Pianura Lombarda è legata alla dinamica orogenetica alpina e prealpina. L'intera evoluzione orogenetica è comunemente suddivisa in tre parti denominate: orogenesi alpina antica, con manifestazioni nel Triassico Sup. e nel Mesozoico Sup., orogenesi alpina media del Cenozoico Inf., e orogenesi alpina recente del Cenozoico Sup. con riflessi anche nel Neozoico.

Al termine delle fasi deformative orogenetiche, le valli alpine e prealpine apparivano come profonde e strette forre prodotte dall'intensa azione erosiva dei fiumi, accentuata dall'abbassamento del livello medio mare (stimato di 60 m) a causa del disseccamento del Mar Mediterraneo avvenuto alla fine del Miocene (Messiniano) e dovuto alla chiusura dello Stretto di Gibilterra (*Cita B., 1998*).

Successivamente, nel Pliocene, il livello del Mediterraneo tornò ad aumentare, determinando l'ingressione marina nelle vallate ed il conseguente accumulo di sedimenti marini costituiti in prevalenza da argille, limi e depositi sabbiosi che inglobavano resti di gusci di conchiglie.

A partire dal Pliocene Superiore - Pleistocene Inferiore, iniziò una nuova fase regressiva per il Mediterraneo che si portò progressivamente sino al livello attuale. Contemporaneamente riprese anche l'attività erosiva sui versanti e il trasporto solido lungo le vallate, con conseguente apporto di materiali grossolani (prevalenza di blocchi, ciottoli e ghiaie) sino alle zone di sbocco nel mare. Si verificò, in tal modo, il progressivo e lento colmamento della depressione padana e la formazione della pianura alluvionale attuale. Ciò avvenne congiuntamente alla progressiva deformazione del fondale marino a causa delle successive fasi orogenetiche che determinarono la formazione di depressioni ed alti strutturali.

Nel corso del Pleistocene Medio e Superiore, si verificarono alcuni episodi glaciali, convenzionalmente raggruppati in tre fasi che sono note, dalla più antica alla più recente, come Mindel, Riss e Würm; esse diedero luogo alla deposizione di una vasta coltre di sedimenti glaciali nelle aree pedemontane e di sedimenti di tipo “fluvio-glaciale” nella pianura. Alle fasi deposizionali, nei periodi interglaciali, si sono alternate fasi erosive che hanno prodotto un sistema di terrazzi che si estende nella porzione più alta della pianura.

La Pianura Lombarda, nella sua configurazione attuale, si caratterizza per la presenza predominante di depositi continentali di ambiente fluviale e fluvio-glaciale prevalentemente sabbioso-ghiaiosi con ciottoli (Würm-Riss); appaiono subordinati i termini più fini limoso-argillosi.

Nella zona assiale della pianura, i depositi würmiani si presentano ovunque sabbioso-limosi, con rare lenti di ghiaia e costituiscono l'estesa superficie del “livello fondamentale della pianura”. Da un punto di vista tessiturale si possono distinguere da nord verso sud, delle fasce a granulometria decrescente, così definite da Cavalli et al. (1983):

- zone a ghiaie prevalenti, in cui gli elementi prevalenti sono costituiti da ciottoli grossolani fino a ghiaie fini mescolati a sabbie, decisamente subordinate;
- zone a ghiaie e sabbie, in cui la percentuale di sabbia aumenta a causa dell'azione dei fiumi che formarono la pianura per aggradazione verticale e laterale, con diminuzione di energia verso sud;
- zone a sabbia prevalente, in cui le sabbie rappresentano la quasi totalità dei sedimenti. Sono presenti livelli ghiaiosi, subordinati in spessore ed estensione;
- zone ad argille prevalenti, che formano corpi potenti, attribuibili alla formazione di conche palustri o all'esondazione con depositi di materiali fini.

Dal punto di vista geomorfologico, all'interno della Pianura Lombarda si possono distinguere tre settori con caratteristiche litologiche, morfologiche, pedologiche e idrogeologiche differenti: alta, media e bassa pianura.

L'**alta pianura** è delimitata verso sud dalla linea delle risorgive ed è caratterizzata dalla presenza di depositi fluvio-glaciali ghiaiosi grossolani o ciottolosi in matrice essenzialmente sabbiosa. Lo spessore dei sedimenti grossolani varia da oltre 100 m verso nord a 30-40 m al limite della fascia delle risorgive.

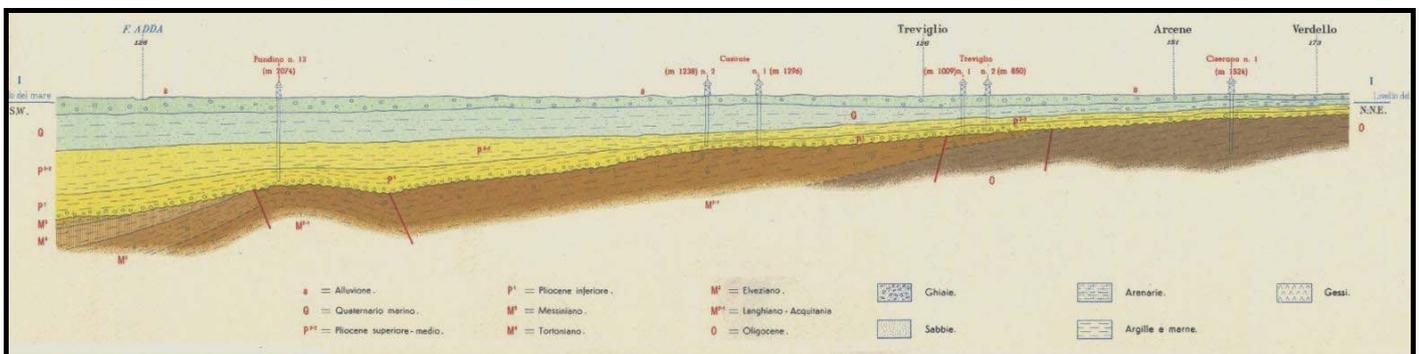
La **media pianura** corrisponde grosso modo alla fascia delle risorgive ed è caratterizzata da depositi alluvionali sabbiosi e ghiaiosi passanti a limosi sabbiosi. La diminuzione della permeabilità dei depositi unitamente al decremento del gradiente topografico induce la superficie freatica ad avvicinarsi al piano di campagna (p.c.) e, in corrispondenza di depressioni naturali e/o artificiali, si verifica il fenomeno delle risorgive.

La **bassa pianura** a sud della linea delle risorgive è caratterizzata dalla prevalenza di depositi a granulometria più fine come sabbie e limi argillosi.

Il limite tra alta e medio - bassa pianura ha diversi significati:

- morfologico: si passa da una topografia maggiormente acclive e accidentata a una topografia pianeggiante o sub orizzontale;
- geologico: si passa da depositi alluvionali grossolani a terreni più fini;
- idrogeologico: si passa da terreni più permeabili a terreni dotati di permeabilità più bassa.

Nella sezione geologica, qui di seguito riportata (*Figura 2*), si riconosce chiaramente l'andamento del substrato profondo e dei depositi fluvioglaciali superficiali che caratterizzano tale territorio.



*Figura 2 - Stralcio della Sezione Geologica n. 1 - Foglio n. 46 “Treviglio” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000*

La piana fluvioglaciale presenta una morfologia debolmente ondulata per l'azione degli scaricatori fluvioglaciali di cui restano tracce sotto forma di paleovalvei. Talvolta tali strutture sono riconoscibili anche per mezzo della fotointerpretazione per la presenza di deboli scarpate che separano aree più rilevate costituenti il livello fondamentale della pianura.

I corsi d'acqua, formanti la rete idrografica attuale della zona studiata, hanno inciso i depositi quaternari producendo netti orli di scarpata di erosione fluviale.

La porzione più occidentale del tracciato, coincide con il territorio comunale di Cassano d’Adda. In tale area si riconoscono sostanzialmente due differenti contesti geomorfologici generali: l’antica pianura terrazzata fluvioglaciale e la pianura alluvionale fluviale dell’Adda.

La piana fluvioglaciale si attesta a quote altimetriche superiori rispetto alla pianura alluvionale e presenta una morfologia pianeggiante debolmente ondulata. L’area alluvionale recente (sistema del fiume Adda) risulta separata dalla pianura fluvioglaciale per mezzo di una scarpata di erosione di altezza variabile da nord a sud tra venticinque e dieci metri. In quest’area si possono suddividere tre sottounità: l’alveo attivo, il terrazzo intermedio ed il terrazzo alluvionale superiore.

In affioramento è possibile osservare:

- i depositi postglaciali di origine fluviale sia ghiaiosi e sabbiosi sia limosi (di esondazione);
- l’Unità di Cantù (Pleistocene superiore) costituita da depositi fluvioglaciali ghiaiosi a matrice sabbiosa e sabbie limose;
- il Ceppo d’Adda (pleistocene inferiore) costituito da conglomerati fluviali e posto alla base dei terrazzi fluvioglaciali.

Seguendo l’elettrodotto, oggetto della presente relazione, dal territorio comunale di Treviglio e fino a quello di Calcio la superficie topografica si mantiene debolmente inclinata verso sud con quote variabili da 150 m s.l.m a 110 m s.l. m.. Nella parte occidentale di tale area così individuata, il territorio è caratterizzato dalla scarpata morfologica

detta costa trevigliese, alto in questa zona circa 15 metri, e posto in sinistra idrografica del fiume Adda. Il substrato risulta anche in quest'area costituito da sedimenti sciolti grossolani fluvioglaciali e fluviali del Pleistocene medio e dell'Olocene. Tali depositi costituiscono il livello fondamentale della pianura formato dall'aggradazione delle antiche conoidi dell'Adda, del Brembo e del Serio in corrispondenza degli sbocchi vallivi.

Nell'area possono essere distinte le seguenti formazioni:

- l'Unità postglaciale, di età compresa tra il Pleistocene superiore e l'Olocene, costituita dai depositi ghiaiosi e sabbiosi del Fiume Adda e dai depositi dei Fiumi Brembo e Serio;
- il Complesso dell'Adda, Pleistocene medio-superiore, costituito da ghiaie fluvioglaciali con ciottoli arrotondati in matrice sabbiosa;
- l'Unità di Treviglio (Complesso del Brembo) del Pleistocene medio-superiore costituito da ghiaie fluvioglaciali in matrice sabbiosa talvolta ricoperti da 1 a 2 m di limi di esondazione.

Nelle aree settentrionali e centrali della pianura vi è una discontinua presenza, al di sopra delle alluvioni ghiaiose del Fiume Serio, di una coltre costituita da limi sabbiosi, limi, limi argillosi con uno spessore variabile da 60 cm ad oltre un metro. A sud di Caravaggio questa copertura assume un carattere continuo raggiungendo spessori superiori ai 2 metri.

L'idrografia, in tale area, è caratterizzata da ovest verso est dal Fiume Brembo, dal Fiume Adda, dal Fiume Serio ed infine dal Fiume Oglio. Il territorio appare inoltre caratterizzato da una fitta rete di canali irrigui di cui molti originari dal Brembo.

Da un punto di vista idrogeologico tale settore della pianura è costruito nella sua parte più superficiale dai sedimenti del Brembo, del Serio e dell'Oglio e rappresenta un ottimo serbatoio di acque sotterranee largamente sfruttate a scopo idropotabile ed irriguo. La superficie della falda freatica viene a giorno nella zona delle risorgive, caratterizzata dalla presenza dei fontanili (sorgenti).

In corrispondenza degli alvei dei fiumi Adda, Brembo, Serio e Oglio affiorano i depositi alluvionali ghiaiosi dell'Olocene. I fiumi hanno inciso il loro letto nei sedimenti più antichi (Pleistocene superiore) e scorrono sul fondo di depressioni delimitate da scarpate. Fa eccezione il Fiume Serio che, per larga parte del suo percorso, scorre a livello dei depositi fluviali più antichi. Con direzione di flusso Ovest-Est scorre il Fosso Bergamasco, il quale è un canale artificiale di origine tardo medioevale, che collega il Fiume Adda al Fiume Serio utilizzato come confine tra le diverse dominazioni del tempo.

Al di sotto dei depositi ghiaiosi del Pleistocene superiore, seguono altri sedimenti fluviali caratterizzati da intercalazioni di livelli sabbiosi, limosi e argillosi. Le ghiaie sottostanti (Pleistocene medio) risultano saltuariamente cementate e si presentano in conglomerati, i quali raggiungono uno spessore di oltre 250 m.

La parte più orientale dell'area interessata dall'elettrodotto in oggetto è rappresentata dal territorio del Comune di Chiari che si estende nella parte occidentale della provincia di Brescia. Tale territorio si inserisce nell'alta pianura, a ridosso dei rilievi prealpini e dell'Anfiteatro Morenico Sebino. La geologia superficiale è caratterizzata da potenti depositi continentali fluvioglaciali e fluviali. I depositi fluvioglaciali sono costituiti da materiale proveniente dallo smantellamento delle cerchie moreniche dell'Anfiteatro del Garda. Si tratta prevalentemente di ghiaie e sabbie con intercalazioni di limo ed argilla; sono presenti inoltre ciottoli e blocchi poligenici, di origine alpina. A circa 30-40 m di profondità dal p.c., si trovano conglomerati con intercalazioni ghiaiose, più o meno cementate, e subordinatamente limoso-argillose. Nella valle fluviale scavata dal Fiume Oglio sono affioranti i depositi alluvionali. La granulometria dei depositi alluvionali è legata alla distanza dall'asta fluviale. Allontanandosi dall'alveo infatti i depositi prevalentemente ghiaiosi passano a termini sabbioso-limosi e limoso-argillosi. La falda idrica sotterranea è suddivisa in diversi livelli sovrapposti e tra loro comunicanti, con uno spessore medio di circa 20-30 m.

Dalla Tavola 2 “Tavola Geologica”, realizzata partendo dai dati informativi presenti all'interno del sito della Regione Lombardia, si nota che buona parte dell'area in esame appartiene ai depositi continentali würmiani pleistocenici che costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura. La tessitura è prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa, poiché, come già detto, di genesi fluvioglaciale e fluviale. Tali depositi risultano connessi agli scaricatori glaciali Quaternari.

Durante l'Olocene, i corsi d'acqua principali hanno inciso i depositi fluvioglaciali, formando le valli. Successivamente, all'interno di esse, i corsi d'acqua hanno depositato abbondanti sedimenti alluvionali ghiaioso-sabbioso-limose, i quali sono la testimonianza della presenza di paleoalvei. In seguito questi ultimi sono stati a loro volta incisi e all'interno del nuovo solco d'erosione sono state deposte le alluvioni più recenti.

Dalla Tavola 3 “Tavola Geomorfologica” può essere apprezzata la presenza, nell’area di studio, di numerosi paleolavei, segni di un’intensa attività fluviale del passato.

Le unità geomorfologiche interessate dal progetto sono le seguenti:

- l’Alta Pianura, ovvero il Livello Fondamentale;
- la Media Pianura idromorfa;
- le pianure alluvionali attuali e recenti;
- i terrazzi fluviali.

## 5.2 Quadro Idrogeologico

L’abbondante risorsa idrica sotterranea, presente nella Pianura Lombarda, ha sempre svolto un ruolo importante nell’economia dell’area, sia per lo sfruttamento ad uso irriguo delle risorgive naturali, che per l’attingimento da pozzi ad uso idropotabile ed irriguo.

La carta piezometrica riportata in *Figura 3* mette in evidenza una morfologia piezometrica media molto accidentata e frastagliata nella fascia medio-alta della pianura, in relazione alla distribuzione e all’entità dei prelievi civili e industriali in atto.

Come già detto, a partire dai rilievi alpini e procedendo verso sud, si assiste ad una variazione della struttura geologica del sottosuolo che determina la suddivisione della Pianura Padana in tre settori, denominati alta, media e bassa pianura, e caratterizzati da sedimenti a granulometria decrescente rappresentati, rispettivamente, da ghiaie, sabbie e limi.

L’elevata permeabilità delle alluvioni grossolane tipiche dell’alta pianura facilita l’infiltrazione delle acque meteoriche e fluviali, generando un flusso idrico sotterraneo con direzione verso sud, seguendo la pendenza del substrato. Al passaggio tra sedimenti più grossolani e terreni gradualmente più fini della media pianura, inoltre, l’inclinazione della superficie freatica diminuisce, tanto da intercettare localmente il piano campagna, con la conseguente emergenza spontanea della falda freatica.

In particolare, nella media pianura, l’ispessimento dei livelli argilloso-limosi, contenuti nei depositi fluvioglaciali più antichi, annulla o limita in modo rilevante il trasferimento di acque dalla prima falda agli acquiferi semiconfinati, che divengono, progredendo verso sud, pressoché ovunque acquiferi confinati veri e propri. Si produce così, procedendo verso valle, la separazione delle falde più profonde, in pressione, da quelle libere del primo acquifero che si assottiglia, riacquistando spessore solamente nella bassa pianura, quando si salda con i sedimenti del Po.

La zona della media pianura corrisponde, infatti, ad una estesa fascia, detta delle risorgive o dei fontanili. I fontanili rappresentano i punti di emersione della superficie freatica in corrispondenza di modeste depressioni del terreno, dette “testa del fontanile”, che si manifestano spontaneamente o sono provocate artificialmente con scavi, al passaggio dall’alta pianura ghiaiosa alla bassa pianura prevalentemente sabbiosa e limosa. L’acqua emersa viene canalizzata nell’asta del fontanile, una via artificiale che ha lo scopo di allontanare e distribuire le acque servendo da canale di irrigazione. Infatti, prerogativa dell’acqua dei fontanili è di avere una temperatura costante (10-12 °C), mentre le escursioni raggiungono solo eccezionalmente in un anno i 4 °C. Queste caratteristiche termiche fanno sì che l’acqua dei fontanili sia idonea anche d’inverno per usi agricoli (marcite).

La portata complessiva in uscita dalla pianura bergamasca attraverso il sistema dei fontanili è rilevante, con un valore medio di 0,72 m<sup>3</sup>/s per km di lunghezza del fronte di risorgiva nel tratto Adda-Serio, e 0,52 m<sup>3</sup>/s per km nel tratto Serio-Oglio, testimoniando apporti più consistenti dal settore occidentale della pianura rispetto a quello orientale. Il tracciato nella Provincia di Bergamo interseca spesso la fascia delle risorgive.

Il progetto di riqualificazione a 380 kV dell’elettrodotto aereo “Cassano – Ric. Ovest Brescia” nella tratta compresa tra le città di Cassano d’Adda e Chiari ed opere connesse, interessa la porzione meridionale dell’alta pianura, al limite con la fascia delle risorgive, ed insiste su depositi fluvio-glaciali ghiaiosi grossolani o ciottolosi di spessore variabile e decrescente verso sud.

I comuni esaminati nel presente studio si collocano a sud della zona di emergenza dei fontanili e nello specifico a sud dell’emergenza della “II° falda” e della “III° falda”.

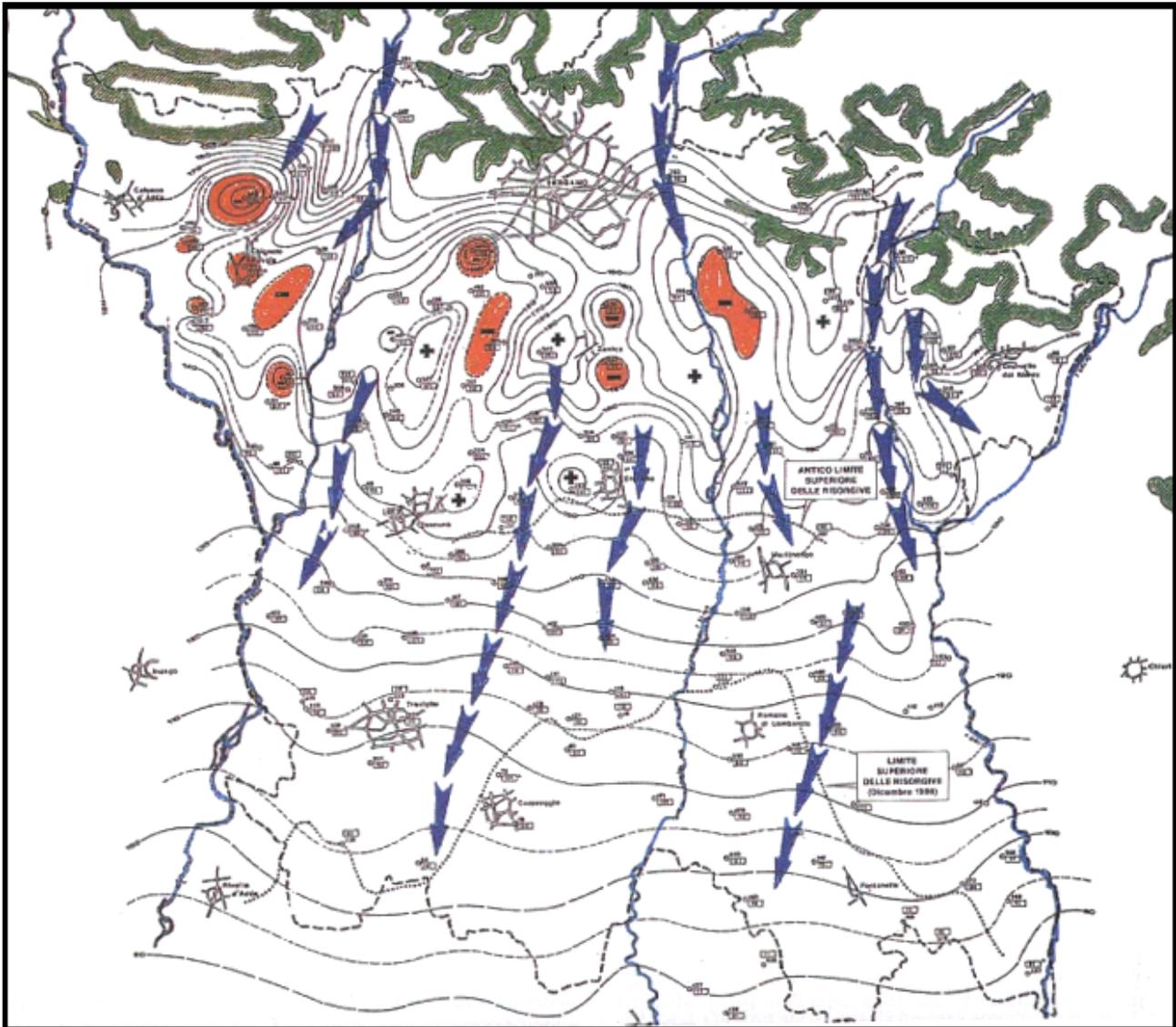


Figura 3 - Carta piezometrica della pianura bergamasca (da Provincia di Brescia)

Come è possibile vedere nella Figura 4 sottostante, al tempo del Goltara (inizi del '900) il limite settentrionale d'emergenza della falda freatica era situato a circa 150 metri s.l.m., mentre attualmente, il limite settentrionale si è spostato (in maniera irregolare) verso sud di diversi chilometri.

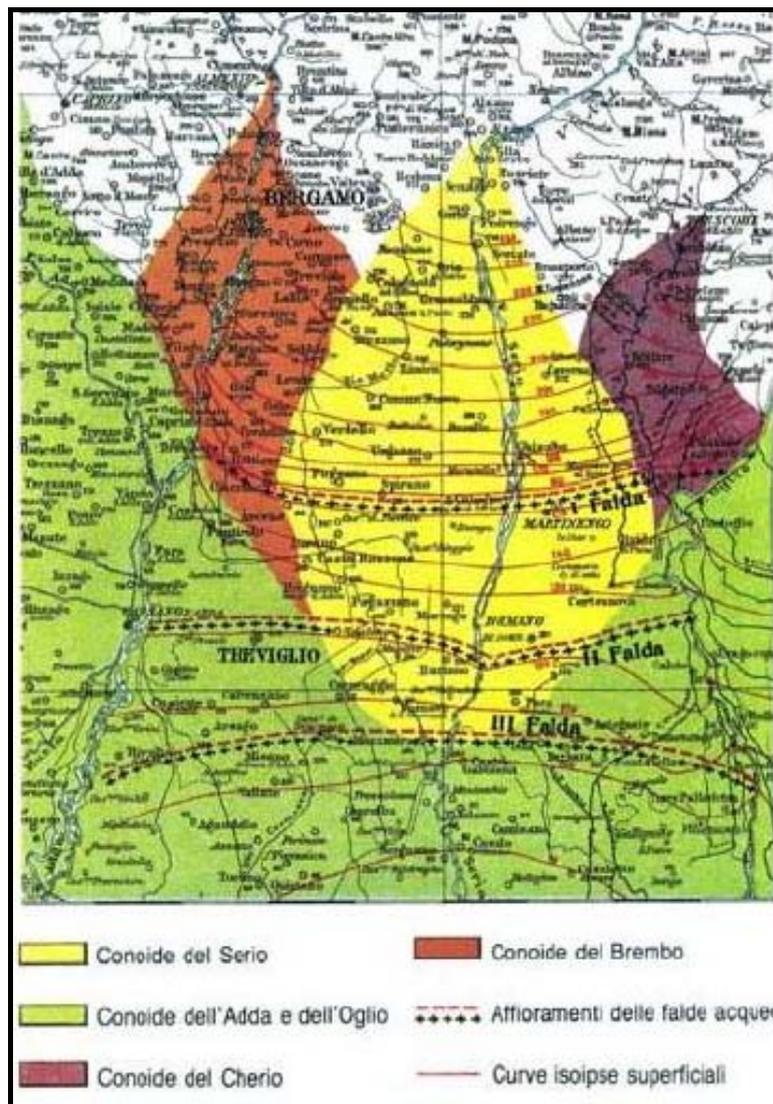


Figura 4 - Carta raffigurante i conoidi della pianura bergamasca e gli affioramenti delle falde acquifere (Goltara, 1910).

Per il territorio considerato, al presente, il limite meridionale della fascia dei fontanili si colloca tra la quota di 105 m s.l.m. (Rivolta, Fornovo e Mozzanica) e di 85 m s.l.m. (Spino d'Adda, Trescore Cremasco, Torlino, Farinate, Capralba, Sergnano sud).

I fontanili hanno costituito fino agli anni '50, la principale fonte di alimentazione delle rogge. Con l'abbassamento della superficie della falda indotto dall'eccessivo sfruttamento dell'acquifero, i fontanili hanno subito una riduzione della portata e del periodo di attività e, in alcuni casi, si è giunti al totale prosciugamento.

La successione di litologie aventi comportamento idrogeologico omogeneo (permeabilità, trasmissività e porosità simili) costituisce una serie idrogeologica. Nella zona di pianura è stata riconosciuta una Serie Idrogeologica definita da quattro unità sovrapposte (Avanzini et al., 1995), qui di seguito descritte.

**Substrato roccioso indifferenziato:** è costituito dalle rocce mesozoiche e terziarie che affiorano lungo il margine settentrionale della pianura e sporadicamente nella zona occupata dall'anfiteatro morenico sebino. In prossimità delle aree di affioramento, il substrato si rinviene a profondità variabili fra 30 e 100 m. Procedendo verso Sud, si approfondisce ulteriormente al di sotto della coltre quaternaria. Il substrato, se fratturato, può contenere falde idriche limitate ma di buona qualità.

**Unità "villafranchiana Auct.":** è costituita da depositi continentali formati da limi, limi sabbiosi e argillosi, con intercalazioni di sabbia e ghiaia. Queste ultime sono ovunque subordinate ai terreni limosi, dalla caratteristica colorazione grigio azzurra e spesso recanti intercalazioni di torbe nerastre. A questa unità fanno seguito, verso il

basso, i sedimenti del Pleistocene inferiore di origine marina, i quali hanno caratteristiche idrodinamiche analogo a quelle dei sedimenti continentali. Anche e non affioranti, la loro presenza è messa in evidenza dalle numerose stratigrafie dei pozzi esistenti, costituendo il substrato degli acquiferi superficiali più produttivi.

*Unità a conglomerati e fluvioglaciale Mindel – Riss:* si tratta di una successione di conglomerati, sabbia, arenaria e rare ghiaie, che si rinviene a varie profondità e rappresenta un orizzonte abbastanza continuo nella fascia pedemontana e in corrispondenza dello sbocco dei fiumi nella pianura. Procedendo verso Sud si osserva una graduale riduzione di spessore dei conglomerati che fanno transizione a sabbie, ghiaie e prevalenti argille, attribuibili alle diverse fasi glaciali del Pleistocene medio. Quest'unità è relativamente produttiva specie in livelli in cui il conglomerato si presenta fratturato.

*Unità ghiaioso-sabbiosa:* è costituita da ghiaie e sabbie dei sedimenti alluvionali recenti e di quelli fluvioglaciali würmiani. E' sede della prima falda, che generalmente risulta abbondante anche a causa dell'infiltrazione dalla superficie, ma è pure la più vulnerabile, soprattutto laddove la soggiacenza è ridotta come in prossimità della fascia dei fontanili. Nell'ambito delle unità poroso – permeabili corrispondenti ai depositi würmiani, particolare rilevanza viene assunta dalle caratteristiche tessiturali degli orizzonti superficiali in grado di proteggere superficialmente le falde sottostanti. Questa garanzia è fornita da limi ed argille affioranti in varie zone della pianura bresciana.

## 6 ASSETTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

Come già commentato con riferimento alla Carta Geologica (Tavola 2), l'elettrodotto nel tratto esaminato Cassano-Chiari interessa prevalentemente le alluvioni fluvioglaciali e fluviali würmiane che costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura.

In ragione del consistente sviluppo del tracciato, le unità presenti sulla porzione di territorio sono molteplici. Per meglio delineare il quadro geologico e litologico di dettaglio, vengono passati in rassegna le caratterizzazioni dei territori comunali oggetto dello studio. Per una migliore comprensione di questa sezione, si consulti la Tavola 5 “Tavola Litologica”.

### Comune di Cassano d'Adda:

**Unità postglaciale:** questa unità, ubicata all'interno della fascia fluviale, è delimitata da orli di terrazzo morfologico e depressa di circa 2-4 m rispetto al livello medio della pianura. La sua genesi è da ricondurre all'azione erosionale deposizionale operata dall'Oglio. La litologia di superficie è generalmente variabile anche se nell'area in esame si osserva una prevalenza dei termini ghiaiosi;

**Unità fluvioglaciali:** si tratta di depositi fluviali e fluvioglaciali di età würmiana. Gran parte del territorio comunale, compresi il centro cittadino e la frazione di Gropello d'Adda, è collocata in sponda destra del fiume Adda e giace sul Livello Fondamentale della Pianura, corrispondente ai depositi fluviali e fluvioglaciali di età würmiana (Pleistocene superiore). Tali depositi si caratterizzano per la natura ghiaioso-sabbiosa dei terreni, con presenza di ciottoli e blocchi e una matrice limosa non sempre presente. Sono senz'altro i sedimenti più diffusi nell'area e costituiscono il terrazzo in sponda destra dell'Adda, morfologicamente più elevato del terrazzo in sponda sinistra, costituito invece da depositi alluvionali terrazzati. In superficie tali depositi presentano in genere una fascia superiore di sabbie da medio-fini a medio-grossolane, limose, con ghiaie, alterate, di colore bruno rossiccio, e ciottoli; è presente una limitata componente organica nei terreni mista a terreno organico di natura vegetale, per uno spessore complessivo generalmente non superiore a 2 m.

**Nel Comune di Cassano d'Adda, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:**

- **Unità a ghiaie dominanti (sostegni n. 1, 11 e 12)**
- **Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini quali sabbie, limi, argille (sostegno n. 3)**

### Comune di Truccazzano:

**Depositi fluvioglaciali würmiani:** risultano essere l'ultima fase di un esteso e forte colmamento fluviale della pianura nel Pleistocene più recente. Questa unità, costituita essenzialmente da un'alternanza di sabbie e ghiaie con orizzonti a forte componente limosa, presenta una zona di alterazione superficiale di colore bruno rossiccio. Nel territorio in esame questi sedimenti sono i più diffusi e affiorano in modo continuo da nord verso sud, ad eccezione della valle dell'Adda. Si osserva come lo strato superiore di alterazione non è sempre garantito, poiché l'aratura dei campi spesso l'ha rimaneggiato mescolandolo con la coltre superiore di humus e talvolta con le sottostanti ghiaie e sabbie. Al contrario, dove lo strato di alterazione non ha subito tale rimaneggiamento, la vegetazione spontanea ha sensibilmente trasformato la parte superiore del deposito che ha assunto la caratteristica colorazione bruno-rossastra dovuta alla presenza di acidi umici.

**Depositi alluvionali antichi:** sono depositi fluviali di età olocenica, costituiti da ghiaia e sabbia prevalente. Formano il livello inferiore a quello fondamentale della pianura, incidendolo e costituendo il terrazzo più elevato della valle dell'Adda. Sono quindi incassati nel Limite Fondamentale della Pianura e si distinguono, oltre che per la posizione altimetrica più bassa, anche per la mancanza di uno strato di alterazione superficiale. Si trovano, pertanto, nella porzione più orientale del territorio in corrispondenza dell'incisione valliva sopraccitata e, in prossimità di Corneliano Bertario, con una lingua che da SSE sale verso NNO, testimoniando l'incisione di un paleo alveo.

**Depositi alluvionali recenti:** sono i depositi più giovani, costituiti essenzialmente da ghiaie e ciottoli misti a sabbie, ma talvolta si incontrano anche livelli di limo. Gli orizzonti fini, depositi in orizzonti lenticolari più o meno allungati, sono strettamente legati alle divagazioni del fiume. I depositi di questa unità derivano in parte dal rimaneggiamento dei preesistenti depositi pleistocenici e non presentano alterazione superficiale. Si estendono nella parte più prospiciente al corso d'acqua, affiorando in modo omogeneo lungo la valle dell'Adda e formando le

superfici terrazzate altimetricamente più basse. In particolare, questi depositi comprendono le alluvioni dell'alveo di piena del fiume e quelle che formano il letto normalmente occupato dalle acque.

***Nel Comune di Trucazzano, il progetto interessa unità litologiche formate da ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille): sostegno n.2***

**Comune di Casirate d'Adda:**

**Unità postglaciale:** (Pleistocene superiore - Olocene): comprende innumerevoli depositi di diversa tipologia ed origine. Tali sedimenti identificati sono costituiti da ghiaie e sabbie limose con clasti poligenici arrotondati generalmente non alterati, con uno strato di alterazione superficiale di spessore inferiore ad 1 m.

**Unità di Cantù** (Pleistocene sup.): si sviluppa in planimetria con una forma triangolare, dotata di vertice situato pochi chilometri a NW di Treviglio ed area estesa fra Casirate e Misano. Dal punto di vista granulometrico i depositi dell'Unità di Cantù sono formati da ghiaie e sabbie limose con clasti poligenici arrotondati raramente alterati e strato di alterazione superficiale di spessore prossimo a 2 m. Questa formazione quaternaria è marcatamente delimitata rispetto all'Unità Postglaciale dall'orlo di terrazzamento alluvionale, che con un dislivello massimo di 7-8 m separa due fasi deposizionali distinte in termini temporali.

***Nel Comune di Casirate d'Adda, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:***

***Unità a ghiaie dominanti (sostegni dal n. 13 al 19).***

**Comune di Treviglio:**

**Depositi fluvioglaciali antichi** (Pleistocene). Si tratta di alluvioni fluvioglaciali sabbiose e ghiaiose per lo più non alterate, corrispondenti al Livello Fondamentale della Pianura. In esse si possono distinguere depositi afferenti al bacino dell'Adda, al bacino del Brembo e depositi indifferenziati.

**Alluvioni antiche:** depositi ghiaioso-sabbiosi-limosi del fiume Adda.

***Nel Comune di Treviglio, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:***

***Unità a ghiaie dominanti (dal sostegno dal n. 20 al 26 e dal n. 28 al 32)***

**Comune di Calvenzano:**

**Unità di Cantù:** vedasi comune di Casirate d'Adda per la composizione litologica;

**Complesso del Brembo, Unità di Treviglio:** vedasi comune di Caravaggio per le caratteristiche litologiche.

***Nel Comune di Calvenzano, il sostegno di progetto ricade nelle seguenti unità litologiche:***

- ***Unità a ghiaie dominanti (sostegno n. 27);***

**Comune di Caravaggio:**

**Unità Postglaciale:** tale Unità occupa tutto il settore centrale e orientale del territorio comunale. La litologia di superficie è estremamente variabile, con vaste zone a prevalente componente ghiaiosa alternate a zone a prevalente componente fine (limoso-sabbiosa). Nell'ambito del territorio comunale sono riconoscibili due diverse tipologie di depositi. La prima proviene dal quadrante nord-occidentale di pertinenza brembana ed è costituita da depositi fluviali con componente sommitale prevalentemente limoso-argillosa. La seconda, che proviene dal quadrante nord-orientale, e quindi di pertinenza più seriana, è costituita da depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi.

**Complesso del Brembo, Unità di Treviglio:** è costituita da ghiaie e sabbie limose a supporto clastico, con abbondanti ciottoli arrotondati o discoidali e diametri che variano tra i 2 e i 10 cm. I clasti e la matrice risultano localmente interessati da processi di alterazione superficiale (argillificazione) che conferisce loro una tipica colorazione bruno-rossastra. Le diverse unità deposizionali sono separate da superfici di stratificazione grossolane. Vi sono intercalati livelli decimetrici di limi e sabbie di esondazione, da massivi a laminati. La copertura loessica è assente.

**Complesso del Serio, Unità di Cologno** (Pleistocene sup.): è costituita da ghiaie poligeniche a supporto clastico e matrice sabbiosa calcarea. La cementazione è diffusa ma scarsa. Dal punto di vista litologico, questa unità è costituita generalmente da ghiaie sabbiose a supporto clastico, da medio grossolane a molto grossolane con blocchi, da arrotondate a sub-arrotondate e discoidali. Frequentemente la matrice sabbiosa diventa limoso-argillosa. L'ambiente di deposizione è quello tipico di fiumi di tipo “braided”, con strutture deposizionali a barre longitudinali e depositi fini intercalati, relativi alle fasi di riempimento dei canali minori o legati ad episodi di esondazione.

***Nel Comune di Caravaggio, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:***

- ***Unità a ghiaie dominanti (sostegni n. 33 e 34);***

- **Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sostegni da n.35 a 37).**

**Comune di Bariano:**

**Unità Postglaciale:** vedasi comune di Casirate d'Adda per la descrizione litologica.

**Nel Comune di Bariano, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:**

- **Unità a limi dominanti (sostegno n. 52)**
- **Unità a ghiaie dominanti (sostegni n. 52/1, 53 e 54)**

**Comune di Romano di Lombardia:**

Il territorio comunale è relativamente omogeneo dal punto di vista geologico. Vi affiorano depositi d'origine alluvionale prodotti dall'azione sedimentaria del Fiume Serio durante le fasi finali del Pleistocene Superiore.

Si possono distinguere:

**Unità postglaciale:** si tratta di depositi continentali quaternari, in particolare di depositi alluvionali olocenici, caratterizzati da variabilità sia per quanto riguarda le caratteristiche tessiturali sia relativamente ai suoli evoluti sulla superficie limite superiore. Nel settore occidentale del territorio di Romano di Lombardia vengono suddivise, sulla base dei caratteri pedologici, due facies: *facies 119c* (azzurro): si tratta di depositi alluvionali; *facies 119cf* (azzurro puntinato): analoghi ai precedenti ma con superficie limite superiore caratterizzata da Entisuoli costituiti da ghiaie poligeniche eterometriche con matrice sabbiosa e localmente intercalazioni sabbiose da fini a grossolane. Formano il primo sottosuolo del terrazzo inferiore.

**Complesso del Serio, Unità di Cologno:** ghiaie poligeniche a supporto clastico con ciottoli arrotondati e sub arrotondati e discoidali e matrice sabbiosa calcarea, con cementazione da diffusa a scarsa; localmente è presente una copertura di limi di esondazione. Si compone di materiali depositi durante il Pleistocene superiore e rappresenta il conoide edificato dal Fiume Serio durante l'ultima fase del Pleistocene. L'unità presenta orli di terrazzo ben evidenti, ma che, spostandosi verso sud, tendono a ridursi fino a scomparire, provocando il progressivo ricoprimento dell'unità di Cologno ad opera delle alluvioni dell'Unità Postglaciale del Serio.

**Nel Comune di Romano di Lombardia, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:**

- **Unità a ghiaie dominanti (dal sostegno n. 55 al n. 63)**

**Comune di Covo:**

**Unità postglaciale:** vedasi comune di Casirate d'Adda per la descrizione litologica;

**Complesso del Serio, Unità di Cologno:** vedasi comune di Romano di Lombardia per la composizione litologica;

**Complesso dell'Oglio, Unità di Palosco:** vedasi comune di Calcio per le caratteristiche litologiche.

**Nel Comune di Covo, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:**

**Unità a ghiaie dominanti (dal sostegno n. 64 al n. 71)**

**Comune di Antegnate:** la divagazione dei fiumi e l'alternarsi di fasi erosive e di deposizionali hanno portato alla formazione delle seguenti unità:

**Unità Postglaciale:** vedasi comune di Casirate d'Adda per la descrizione litologica;

**Complesso del Serio:** si sviluppa arealmente con una lingua allungata fra Cortenuova e Antegnate, dove termina in corrispondenza del centro abitato. Dal punto di vista granulometrico i depositi del Complesso del Serio sono formati da ghiaie e sabbie limose con clasti poligenici arrotondati raramente alterati e strato di alterazione superficiale di spessore prossimo ad 1 m.

**Complesso dell'Oglio:** raggruppa numerose unità situate dalle zone di alta valle sino alle aree pianeggianti, con caratteristiche litologiche e tessiturali ovviamente molto diverse. Tale complesso affiora sul territorio comunale di Antegnate ad Est del centro abitato.

Gli affioramenti sono costituiti in prevalenza da depositi fluvioglaciali ed alluvionali ghiaioso-sabbiosi; in alcune zone gli scavi edilizi effettuati hanno tuttavia evidenziato la presenza di uno strato limoso superficiale, riconducibile a fenomeni deposizionali di transizione, con spessore variabile da 2 a 3 m.

**Nel Comune di Antegnate, il progetto interessa unità litologiche a composizione prevalentemente ghiaiosa (sostegni 72, 72/1).**

**Comune di Calcio:**

Sul territorio comunale si individuano le seguenti unità:

**Unità Postglaciale:** vedasi comune di Cassano d'Adda per la descrizione litologica;

**Complesso dell'Oglio, Unità di Palosco** (Pleistocene medio-superiore). Il Complesso dell'Oglio raggruppa le unità quaternarie del bacino dell'Oglio, partendo dall'area camuna fino alla bassa pianura e comprendendo depositi di origine glaciale, fluvioglaciale ed alluvionale. Nel territorio comunale affiorano solo i depositi di origine fluvioglaciale identificati con la denominazione di Unità di Palosco. Quest'unità affiora per circa 80% della superficie complessiva, la sua continuità essendo interrotta solo dai terrazzi morfologici dell'Oglio. Sotto il profilo litologico si segnala occasionalmente la presenza di un livello superficiale limoso argilloso di colore bruno discontinuo, avente uno spessore massimo di 2.0 m, sovrastante ghiaie, generalmente ben selezionate, a supporto clastico con matrice sabbiosa calcarea, aventi uno spessore medio di 50 m. La natura petrografica dei clasti è prevalentemente riconducibile a calcari, mentre è poco significativa la percentuale di rocce terrigene. I clasti presentano un elevato grado di arrotondamento ed una sfericità medio alta.

**Nel Comune di Calcio, non ricadono sostegni di nuova realizzazione.**

#### **Comune di Urago d'Oglio:**

Alluvioni fluvioglaciali ghiaioso-sabbiose costituenti il livello fondamentale della pianura, con tracce di un'antica rete di canali intrecciati – braided. Sono formate da ciottoli e ghiaia di diversa natura immersi in una matrice sabbiosa e sabbioso - limosa incoerente. Presentano una struttura a grosse lenti caratterizzate da diversa granulometria. Sono presenti trovanti e distinti livelli ciottolosi. Le caratteristiche geotecniche sono buone. La maggior parte del centro edificato di Rudiano è ubicato su questi depositi fluvioglaciali.

Alluvioni fluviali antiche prevalentemente ghiaioso-sabbiose costituenti i terrazzi intermedi ribassati rispetto al livello fondamentale della pianura e rilevati rispetto al livello della piana fluviale (Olocene). Sono costituite da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa incoerente, con intercalazioni di lenti sabbiose, a stratificazione lenticolare. Si riconoscono più ordini di terrazzi separati da dislivelli di varia entità.

**Alluvioni fluviali antiche prevalentemente ghiaioso-sabbiose situate nella piana fluviale (Olocene).** Costituiscono terrazzi leggermente ribassati rispetto a quelli dell'unità precedente. Sono pure costituite da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa incoerente, con intercalazioni di lenti sabbiose, a stratificazione lenticolare.

Alluvioni fluviali medio-recenti prevalentemente ghiaioso-sabbiose debolmente ribassate rispetto alle unità precedenti (Olocene). Gli autori del foglio 46 - Treviglio - considerano questa unità, come pure le prossime, come "alluvioni ghiaioso-sabbioso-limose degli alvei abbandonati ed attivi". Le aree appartenenti a questa unità generalmente possono essere soggette ad inondazioni in occasione di piene dell'Oglio.

**Alluvioni fluviali recenti stabilizzate (Olocene).** Si tratta di depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi situati in aree occupate in tempi recenti dall'Oglio, soggette ad alluvionamenti in occasione di piene del fiume. La presenza di vegetazione arborea e arbustiva sta ad indicare che si tratta di aree che momentaneamente si sono stabilizzate.

**Alluvioni fluviali attuali a morfogenesi attiva (Olocene).** Comprendono aree caratterizzate da depositi per lo più ghiaioso-sabbiosi, disposti lungo l'alveo, o nell'alveo del fiume, di poco sopraelevate rispetto al livello di magra. Periodicamente sono sommerse dalle acque del fiume e di conseguenza possono subire modifiche, anche notevoli, per nuovo apporto di materiale, oppure per erosione.

**Nel Comune di Urago d'Oglio, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:**

**Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie (sostegno 68\*, sostegni dal n. 86 al n. 87 e sostegni dal n. 90 al n. 93)**

#### **Comune di Rudiano:**

Per la descrizione litologica vedasi comune di Urago d'Oglio.

**Nel Comune di Rudiano, non ricadono sostegni di progetto**

#### **Comune di Chiari:**

**Unità fluvioglaciali würmiane:** sono costituite da materiale proveniente dallo smantellamento delle cerchie moreniche dell'anfiteatro gardesano in seguito all'azione degli scaricatori fluvioglaciali e costituiscono il "Livello Fondamentale della Pianura". Dal punto di vista litologico si tratta di ghiaie e sabbie con intercalazioni lenticolari di limo ed argilla. La granulometria dei sedimenti tende a diminuire muovendosi verso sud, testimoniando la riduzione di energia dell'agente di erosione e trasporto connessa all'allontanamento dalla zona di alimentazione. Nel territorio in esame, corrispondente all'alta pianura, prevalgono i depositi ghiaiosi, in matrice sabbiosa e subordinatamente

limosa, con copertura eluviale argillosa poco potente. Sono presenti ciottoli e trovanti poligenici, di origine alpina. Tale unità affiora quasi esclusivamente nel territorio comunale. A partire da circa 30-40 m di profondità, dal piano campagna, si hanno conglomerati compatti e/o fessurati, con intercalazioni di lenti ghiaiose, più o meno cementate, e subordinatamente limoso-argillose.

**Alluvioni antiche:** i depositi fluvioglaciali del livello fondamentale della pianura, nell'Olocene, sono stati erosi dal fiume Oglio, creando una valle fluviale, in cui si sono depositati sedimenti alluvionali. Litologicamente le alluvioni antiche sono costituite da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa e sabbie limose alternate a forma lenticolare. Sono presenti al di fuori del territorio comunale, verso ovest, e si rilevano in fasce più o meno estese e continue, altimetricamente sottostanti il livello fondamentale della Pianura e sono separate da essa da una scarpata morfologica.

**Alluvioni medio-recenti:** le alluvioni sono state erose e incise dal fiume Oglio, che ha deposto le alluvioni recenti. La granulometria è legata alla distanza dall'asta fluviale, bordata da depositi prevalentemente ghiaiosi che passano a termini sabbioso-limosi e limoso-argillosi verso l'esterno. Affiorano all'interno dell'alveo attivo del fiume Oglio e lungo una fascia continua che si snoda da nord a sud affiancando il corso d'acqua, nei comuni limitrofi.

**Nel Comune di Chiari, i sostegni di progetto ricadono nelle seguenti unità litologiche:**

- **Unita' a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie (sostegni n. 88 e 89 e dal sostegno n. 94 al n. 98)**

Nella seguente tabella è mostrata la caratterizzazione litologica in corrispondenza dei diversi sostegni (come sopra specificato si riportano esclusivamente quelli soggetti alle modalità di intervento A e C).

Modalità di Intervento	Numero Sostegno	Unità Litologica	Litologia
Tipo A	1	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	2	G2 Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)	ghiaie, sabbie e limi
Tipo A	3	G2 Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)	ghiaie, sabbie e limi
Tipo A	11	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	12	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	13	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	14	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	15	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	16	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	17	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	18	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	19	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	20	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	21	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	22	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	23	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	24	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	25	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	26	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	27	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	28	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	29	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	30A	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie

Modalità di Intervento	Numero Sostegno	Unità Litologica	Litologia
Tipo A	30B	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	31A	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	31B	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	32	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	33	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	34	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	35	G2 Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)	ghiaie, sabbie e limi
Tipo A	36	G2 Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)	ghiaie, sabbie e limi
Tipo A	37	G2 Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)	ghiaie, sabbie e limi
Tipo A	52	L4 Unità a limi dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	52/1	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	53	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	54	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie e limi
Tipo A	55	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	56	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	57	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	58	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	59	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	60	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	61	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	62	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	62/1	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	63	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	64	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	65	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	66	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	67	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	68	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	68*	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo A	69	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	70	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	71	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	72	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	72/1	G1 Unità a ghiaie dominanti	ghiaie, sabbie
Tipo A	86	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo A	87	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	88	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia

<b>Modalità di Intervento</b>	<b>Numero Sostegno</b>	<b>Unità Litologica</b>	<b>Litologia</b>
Tipo C	89	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	90	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	91	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	92	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	93	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	94	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	95	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	96	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	97	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia
Tipo C	98	S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	Sabbie con limo e ghiaia

## 7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

All'interno della pianura lombarda si possono distinguere tre settori con caratteristiche morfologiche differenti : alta, media e bassa pianura.

La piana fluvioglaciale presenta una morfologia debolmente ondulata per l'azione degli scaricatori fluvioglaciali di cui restano tracce sotto forma di paleoalvei, talvolta riconoscibili anche per mezzo della fotointerpretazione per la presenza di deboli scarpate che separano aree più rilevate costituenti il livello fondamentale della pianura. L'area esaminata risulta solcata da numerosi paleolavei, come indicato nelle Tavole 4 “Tavola Geomorfologica”, segni di un'intensa attività fluviale del passato.

Come descritto nei paragrafi precedenti, le unità geomorfologiche interessate dal progetto sono le seguenti:

- l'Alta Pianura, ovvero il Livello Fondamentale caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali ghiaiosi grossolani o ciottolosi in matrice essenzialmente sabbiosa.;
- la Media Pianura idomorfa corrisponde grosso modo alla fascia delle risorgive ed è caratterizzata da depositi alluvionali sabbiosi e ghiaiosi passanti a limosi sabbiosi. La diminuzione della permeabilità dei depositi unitamente al decremento del gradiente topografico induce la superficie freatica ad avvicinarsi al piano di campagna e, in corrispondenza di depressioni naturali e/o artificiali, si verifica il fenomeno delle risorgive;
- le pianure alluvionali attuali e recenti: corrispondono alle piane di divagazione dei fiumi Serio, Adda e Oglio;
- i terrazzi fluviali.

Nella seguente tabella è indicato l'ambito geomorfologico nel quale ricadono i sostegni di nuova realizzazione (modalità di intervento A e C) in progetto.

Modalità di Intervento	Numero Sostegno	Ambito Geomorfologico	Elementi Geomorfologici di Rilievo in Prossimità e nelle Vicinanze
Tipo A	1	Alta pianura	
Tipo A	2	Pianure alluvionali attuali e recenti	
Tipo A	3	Pianure alluvionali attuali e recenti	
Tipo A	11	Terrazzi fluviali	
Tipo A	12	Terrazzi fluviali	
Tipo A	13	Terrazzi fluviali	
Tipo A	14	Terrazzi fluviali	
Tipo A	15	Terrazzi fluviali	
Tipo A	16	Terrazzi fluviali	
Tipo A	17	Alta pianura	
Tipo A	18	Alta pianura	
Tipo A	19	Alta pianura	
Tipo A	20	Alta pianura	
Tipo A	21	Alta pianura	
Tipo A	22	Alta pianura	
Tipo A	23	Alta pianura	
Tipo A	24	Alta pianura	
Tipo A	25	Alta pianura	
Tipo A	26	Alta pianura	
Tipo A	27	Alta pianura	
Tipo A	28	Alta pianura	
Tipo A	29	Alta pianura	

Modalità di Intervento	Numero Sostegno	Ambito Geomorfologico	Elementi Geomorfologici di Rilievo in Prossimità e nelle Vicinanze
Tipo A	30A	Alta pianura	
Tipo A	30B	Alta pianura	
Tipo A	31A	Alta pianura	
Tipo A	31B	Alta pianura	
Tipo A	32	Alta pianura	
Tipo A	33	Alta pianura	
Tipo A	34	Alta pianura	
Tipo A	35	Alta pianura	
Tipo A	36	Alta pianura	
Tipo A	37	Alta pianura	
Tipo A	52	Media pianura idromorfa	
Tipo A	52/1	Alta pianura	
Tipo A	53	Pianure alluvionali attuali e recenti	
Tipo A	54	Pianure alluvionali attuali e recenti	Paleoalveo
Tipo A	55	Pianure alluvionali attuali e recenti	
Tipo A	56	Terrazzi fluviali	
Tipo A	57	Terrazzi fluviali	
Tipo A	58	Terrazzi fluviali	
Tipo A	59	Terrazzi fluviali	
Tipo A	60	Terrazzi fluviali	
Tipo A	61	Terrazzi fluviali	
Tipo A	62	Terrazzi fluviali	
Tipo A	62/1	Terrazzi fluviali	
Tipo A	63	Terrazzi fluviali	
Tipo A	64	Alta pianura	
Tipo A	65	Alta pianura	
Tipo A	66	Alta pianura	Paleoalveo
Tipo A	67	Alta pianura	Paleoalveo
Tipo A	68	Alta pianura	
Tipo A	68*	Alta pianura	
Tipo A	69	Alta pianura	
Tipo A	70	Alta pianura	
Tipo A	71	Alta pianura	
Tipo A	72	Alta pianura	
Tipo A	72/1	Alta pianura	Paleoalveo
Tipo A	86	Alta pianura	
Tipo A	87	Alta pianura	
Tipo C	88	Alta pianura	
Tipo C	89	Alta pianura	
Tipo C	90	Alta pianura	
Tipo C	91	Alta pianura	
Tipo C	92	Alta pianura	

<b>Modalità di Intervento</b>	<b>Numero Sostegno</b>	<b>Ambito Geomorfologico</b>	<b>Elementi Geomorfologici di Rilievo in Prossimità e nelle Vicinanze</b>
Tipo C	93	Alta pianura	Paleoalveo
Tipo C	94	Alta pianura	
Tipo C	95	Alta pianura	
Tipo C	96	Alta pianura	
Tipo C	97	Alta pianura	
Tipo C	98	Alta pianura	

## 8 ASSETTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO

Un contributo recente alla conoscenza degli acquiferi della Pianura Padana è fornito dalla pubblicazione della Regione Lombardia e ENI Divisione AGIP "Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia" (Carcano & Piccin, 2002). Tale documento rappresenta la sintesi dei dati relativi al sottosuolo della pianura padana e alle stratigrafie dei pozzi AGIP, dei sondaggi profondi e dei pozzi d'emungimento privati o pubblici.

Gli Autori distinguono quattro Gruppi Acquiferi: A, B, C e D (Figure 5 e 6). Ciascun gruppo possiede un proprio flusso idrico e un livello di falda distinto. Queste quattro unità principali sono limitate alla base da barriere di permeabilità a carattere regionale costituite da livelli impermeabili (aquicludo) o da livelli a ridotta permeabilità (aquitardo).

In ogni gruppo acquifero possono essere riconoscibili diversi Complessi Acquiferi separati da livelli a ridotta permeabilità o impermeabili.

Ogni complesso è costituito da un Sistema Acquifero (sistema di serbatoi con barriere di permeabilità locali) e da un Sistema Aquitardo (insieme di corpi a bassa permeabilità contenenti serbatoi di limitata estensione).

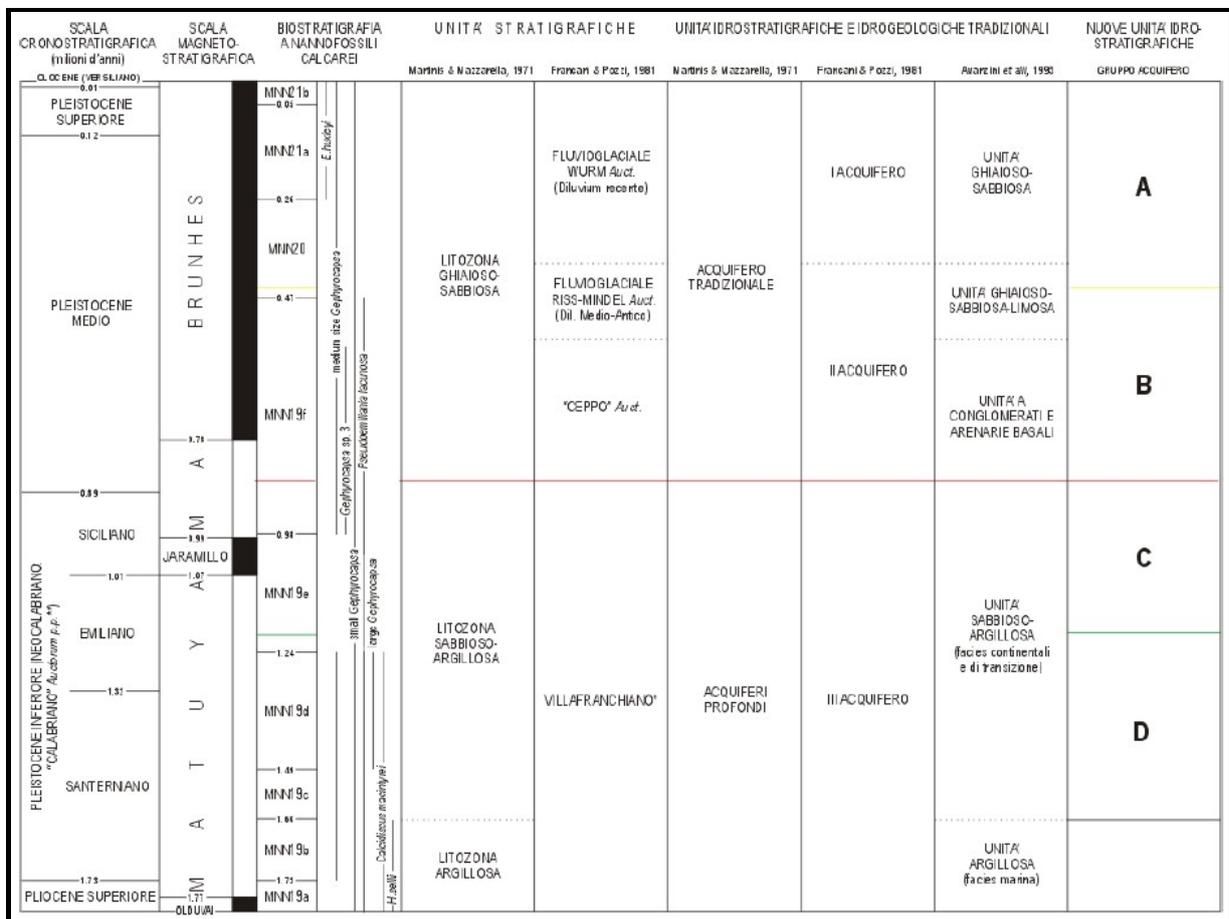


Figura 5 - Schema dei rapporti stratigrafici. Da Carcano & Piccin (2002).

Partendo dalla superficie, i caratteri salienti di ogni gruppo sono:

**Gruppo A:** l'ambiente di sedimentazione è esclusivamente continentale, con sistemi di deposizione di piana alluvionale ad elevata energia e quindi prevalgono ghiaie grossolane poligeniche a matrice sabbiosa. Si verifica una riduzione della granulometria da nord verso sud che comporta, nelle aree meridionali, la presenza di intercalazioni argillose che determinano confinamenti locali della falda. Lo spessore complessivo è di 20-40 metri. Per questo gruppo viene segnalata la presenza di una barriera di permeabilità a carattere regionale posta alla profondità di circa 25-30 metri, che interseca il piano campagna all'altezza del pozzo Agip - Pianengo1.

**Gruppo B:** è molto simile al gruppo precedente per ambiente di deposizione e prevalenza di granulometrie grossolane. Risulta, quindi, spesso difficilmente distinguibile. Si nota un generale aumento della granulometria verso l'alto stratigrafico: si passa da prevalenti sabbie con intercalazioni di argille siltose verdi e resti organici alla

base, a ghiaie prevalenti nella zona prossima ai rilievi o sabbie in quella distale. In tutta la pianura lombarda questo gruppo segna il passaggio verso l'alto all'ambiente continentale di piana alluvionale ad elevata energia dominata da corsi d'acqua di tipo braided e direzione di alimentazione da Nord a Sud. Il suo spessore complessivo è di 40-50 metri.

**Gruppo C:** rappresenta la rapida progradazione, da Ovest a Est (o Nordovest-Sudest), dei sistemi deposizionali padani nell'antistante bacino. A ciò è legata la notevole variabilità degli ambienti di sedimentazione: si passa da quello marino di piattaforma ai depositi di transizione deltizi o litorali fino a giungere ai depositi continentali di piana alluvionale di bassa energia con corsi d'acqua a meandri. Le datazioni attribuiscono tale gruppo alla parte bassa del Pleistocene Medio.

Si riconoscono due cicli deposizionali separati da una fase di trasgressione marina. Partendo dal basso, il ciclo inferiore è costituito da: depositi marini di piattaforma con argille siltoso-sabbiose grigie fossilifere. Si passa poi agli ambienti litoranei di transizione con sabbie prevalenti e quindi a quelli deltizi a sabbie grossolane. Quindi si arriva all'ambiente continentale di bassa energia con piane alluvionali a sabbie prevalenti con alternate argille siltose verdi e argille palustri bruno nerastre. All'inizio del ciclo superiore si ha di nuovo l'ambiente continentale di piana alluvionale con lo sviluppo di sistemi deltizi a sabbie prevalenti che costituiscono importanti ed estesi serbatoi idrici.

**Gruppo D:** rappresenta un sistema deposizionale di delta-conoide progradante da Nord verso Sud. Alla base prevalgono le argille siltose e i limi con sottili intercalazioni di sabbie fini, che sono sostituite gradualmente verso l'alto da sabbie e ghiaie. Le datazioni attribuiscono il gruppo D alla parte alta del Pleistocene Inferiore. Nel sondaggio Agrate RL4 è stato incontrato alla profondità di 132 metri. Alla base della sequenza sedimentaria è presente il Gruppo Acquifero saturo di acqua salmastra/salata. Nella zona in questione il limite tra acqua dolce e salmastra/salata si approfondisce rapidamente da Brignano, dove secondo gli autori si troverebbe a circa -50 m s.l.m., sino ai - 400/500 m s.l.m. in corrispondenza della zona di Caravaggio.

**Partendo quindi dalle informazioni bibliografiche disponibili, si possono riconoscere complessivamente tre unità idrogeologiche principali nel sottosuolo:**

**UNITA' IDROGEOLOGICA SUPERFICIALE:** corrisponde alla Unità “Ghiaioso-sabbiosa”, descritta in precedenza, rappresentata da litologie corrispondenti a depositi alluvionali e fluvioglaciali. Ha uno spessore complessivo dell'ordine dei 40÷50 m e risulta satura solo nella porzione inferiore. Al suo interno sono presenti ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose con abbondante matrice limosa o argillosa, generalmente nella parte insatura, ma anche lenti argillose.

**UNITA' IDROGEOLOGICA INTERMEDIA:** corrisponde all'Unità “Conglomeratica” rappresentata da conglomerati prevalenti e ghiaie con intercalazioni argillose associate localmente a “cappellacci di alterazione”. I conglomerati, spesso vacuolari, possono ospitare falde di produttività molto interessante; risulta compresa nell'intervallo di profondità 40÷80 m circa.

**UNITA' IDROGEOLOGICA PROFONDA:** corrisponde all'Unità “Villafranchiana”, rappresentata da prevalenti depositi fini all'interno dei quali sono localmente intercalati orizzonti ghiaiosi e sabbiosi acquiferi.

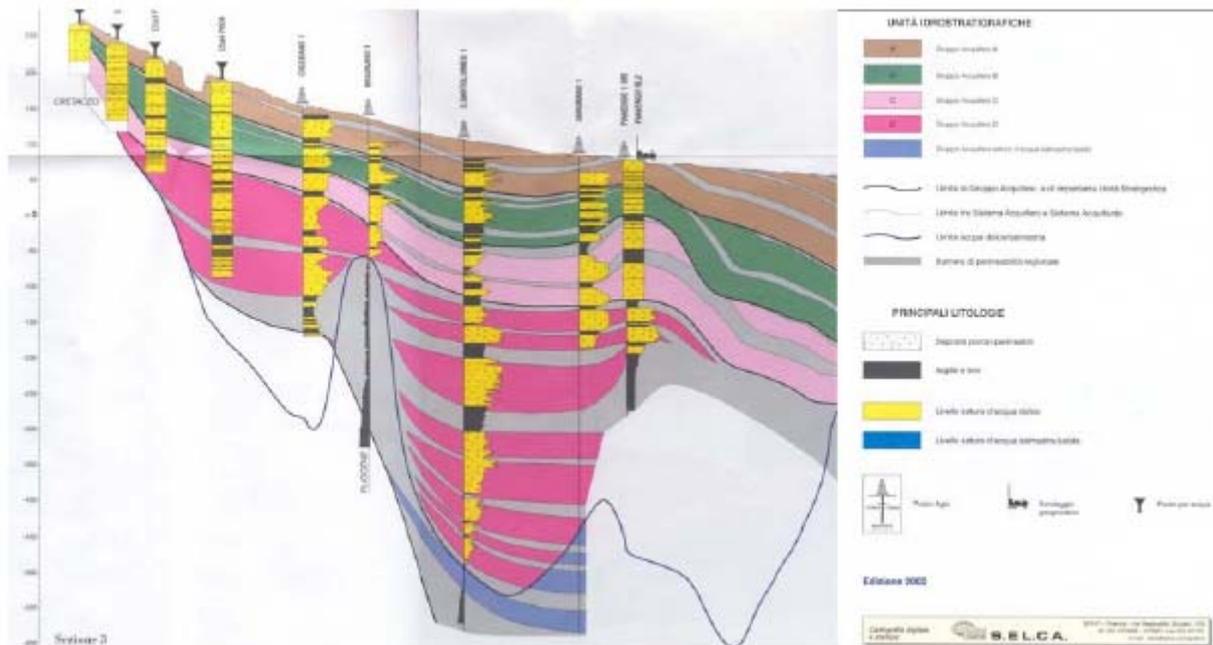


Figura 6 - Acquiferi riconosciuti nel sottosuolo bergamasco. Da Carcano & Piccin (2002).

### 8.1 Profondità della Falda

La profondità della falda è stata indagata a partire dalle Relazioni geologiche allegate ai piani urbanistici di riferimento. Sono state considerate le aree interessate dalle realizzazioni di nuovi sostegni (interventi di tipo A e C). La soggiacenza minima raggiunta dalla falda è in corrispondenza dei sostegni situati nel Comune di Bariano, in quanto collocati in una zona di territorio topograficamente depressa. In tale zona la profondità della falda è variabile tra 0,5 e 2 m dal p.c.. Nelle zone di Chiari e Urago d'Oglio, invece, la falda si trova a profondità maggiori dal p.c. soprattutto in virtù del fatto che le quote topografiche sono maggiori.

Nella seguente tabella, sono illustrati i valori indicativi di profondità della falda per le diverse porzioni di territorio nei quali ricadono i sostegni di nuova realizzazione.

Comune	Modalità di Intervento	Numero Sostegno	Profondità Falda dal p.c.
Cassano d'Adda	Tipo A	1	Tra 0,5 m e 2 m
		2	
		3	
		11	
		12	
Casirate d'Adda	Tipo A	13	Tra 0,5 m e 2 m
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
Treviglio	Tipo A	20	Tra 0,5 m e 2 m
		21	
		22	
		23	
		24	
		25	
		26	
		28	
		29	

Comune	Modalità di Intervento	Numero Sostegno	Profondità Falda dal p.c.
		30A	
		30B	
		31A	
		31B	
		32	
Calvenzano	Tipo A	27	Tra 0,5 m e 2 m
		33	
		34	
Caravaggio	Tipo A	35	Tra 0,5 m e 2 m
		36	
		37	
		52	
Bariano	Tipo A	52/1	Tra 0,5 m e 2 m
		53	
		54	
		55	
		56	
		57	
		58	
Romano di Lombardia	Tipo A	59	Tra 2 m e 4 m
		60	
		61	
		62	
		62/1	
		63	
		64	
		65	
		66	
Covo	Tipo A	67	Tra 4 m e 5 m
		68	
		69	
		71	
		70	
Antegnate	Tipo A	72	Tra 4 m e 5 m
		72/1	
		68*	
	Tipo A	86	
		87	
Urago d'Oglio		90	Maggiore di 5 m
	Tipo C	91	
		92	
		93	
		88	
		89	
Chiari	Tipo C	94	Maggiore di 5 m
		95	
		96	

Comune	Modalità di Intervento	Numero Sostegno	Profondità Falda dal p.c.
		97	
		98	

## 9 SISMICITA' DELL'AREA

Il Rischio Sismico esprime l'entità dei danni attesi in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di possibili eventi sismici. Esso infatti è funzione della Pericolosità Sismica, che esprime la sismicità e le condizioni geologiche dell'area, della Vulnerabilità, legata alla qualità e quindi alla resistenza delle costruzioni, e dell'Esposizione, che rappresenta la distribuzione, tipo ed età della popolazione e dalla natura, e la quantità e distribuzione dei centri abitati e dei beni esposti.

A seguito dell' Ordinanza P.C.M. 3274/2003, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha provveduto a realizzare la “Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04)” che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. Con l'emanazione dell'Ordinanza P.C.M. 519/2006, la MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale.

L'Ordinanza del Presidente Consiglio dei Ministri (O.P.C.M.) n. 3274/2003, recepita dalla Regione Lombardia con la DGR n. 14964/03, prevede che tutti i comuni italiani siano classificati sismici e distinti in 4 zone a pericolosità sismica decrescente, in funzione dei valori di accelerazione massima (Peak Ground Acceleration, PGA):

- Zona 1: sismicità alta, PGA oltre 0,25g;
- Zona 2: sismicità media, PGA fra 0,15g e 0,25g;
- Zona 3: sismicità bassa, PGA fra 0,05g e 0,15g;
- Zona 4: sismicità molto bassa, PGA inferiore a 0,05g.

La sismicità di questa zona della pianura è legata alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Le sorgenti sismogenetiche dovrebbero trovarsi ad una profondità compresa tra 5 e 15 km, in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria.

Nello specifico, la maggior parte dei comuni interessati dal progetto di potenziamento a 380 kV dell'elettrodotto “Cassano - Chiari” ricadono in classe 4, ad eccezione del comune di Chiari che ricade in classe 3, e dei comuni di Calcio, Urago d'Oglio e Rudiano che ricadono invece in classe 2.

Il D.M. 14 gennaio 2008 istituisce la nuova classificazione sismica sul territorio nazionale, basata sui valori di pericolosità sismica raccolti nella Mappa di Pericolosità sismica elaborata dall'INGV (*Figura 7*) espressa in termini di accelerazione massima del suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli rigidi (ovvero avente una velocità di trasmissione delle onde di taglio, vs, non inferiore a 800 m/s).

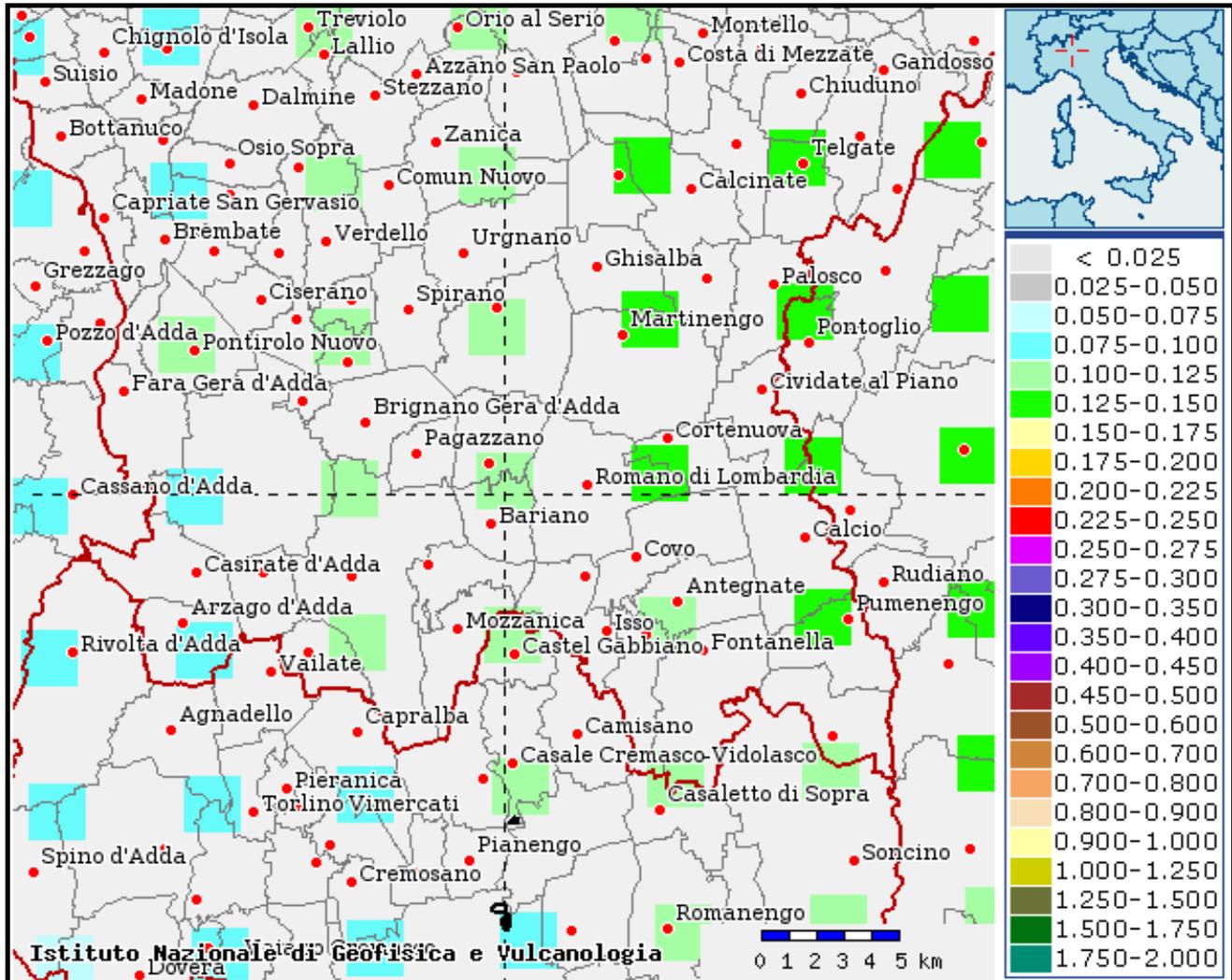


Figura 7 - Mappa di pericolosità sismica (estratto da progetto INGV)

Tale Mappa è costruita secondo un reticolo di nodi, per ciascuno dei quali viene fornito l'intervallo PGA minima – PGA massima, espresse come aliquote dell'accelerazione gravitazionale g.

Il tracciato dell'elettrodotto L-18 attraversa lungo la direttrice Ovest-Est il territorio mostrato in Figura 6. Come si nota, la PGA aumenta progressivamente da Ovest verso Est, da un valore minimo di 0,075 g per i comuni di Cassano d'Adda e Truccazzano ad un valore massimo di 0,150 g per i comuni di Chiari, Urago d'Oglio e Rudiano. Nelle successive fasi autorizzative e progettuali si potrebbe presentare la necessità di eseguire le verifiche sismiche, come prescritto nel D.M. 14 gennaio 2008, in corrispondenza dei siti in cui sarà necessario provvedere alla realizzazione di nuovi sostegni o alla sostituzione degli esistenti. In vista di ciò, si suggerisce di prevedere, congiuntamente alla campagna di indagini geognostiche, una serie di acquisizioni (ad es. del rumore microsismico) al fine di stimare la Risposta Sismica Locale.

Per quanto riguarda la Pericolosità sismica locale, essa è stata indagata mediante i dati informativi forniti dalla Regione Lombardia, che individua nel territorio Regionale gli scenari descritti nella seguente Figura 8.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Figura 8 - Scenari di pericolosità sismica locale.

Nella seguente tabella sono evidenziati gli scenari di Pericolosità sismica locale individuati lungo il tracciato dell'elettrodotto.

Scenari di Pericolosità sismica locale individuati lungo il tracciato dell'elettrodotto					
PROVINCIA	COMUNE	CLASSE SISMICA	Scenario	Descrizione scenario	Effetti
MILANO	Cassano d'Adda	4	-		
	Truccazzano	4	Z4a	Zone di fondovalle e pianura	Amplificazioni litologiche e geometriche
BERGAMO	Casirate d'Adda	4	-		
	Treviglio	4	Z4a	Zone di fondovalle e pianura.	Amplificazioni litologiche e geometriche
	Calvenzano	4	Z2/Z4a	Scadenti caratteristiche geotecniche Zone di fondovalle e pianura.	Cedimenti e/o liquefazioni Amplificazioni litologiche e geometriche
	Caravaggio	4	-		
	Bariano	4	-		
	Romano di Lombardia	4	Z2/Z4a	Scadenti caratteristiche geotecniche Zone di fondovalle e pianura.	Cedimenti e/o liquefazioni Amplificazioni litologiche e geometriche
	Covo	4			
	Antegnate	4	Z4a	Zone di fondovalle e pianura. Amplificazioni litologiche e geometriche	Amplificazioni litologiche e geometriche
	Calcio	2	Z4a	Zone di fondovalle e pianura. Amplificazioni litologiche e geometriche	Amplificazioni litologiche e geometriche
BRESCIA	Urago d'Oglio	2	Za4	Zone di fondovalle e pianura. Amplificazioni litologiche e geometriche	Amplificazioni litologiche e geometriche
	Rudiano	2	-		
	Chiari	3	Za4	Zone di fondovalle e pianura. Amplificazioni litologiche e geometriche	Amplificazioni litologiche e geometriche

## 10 VALUTAZIONE DEI DISSESTI ED ELEMENTI DI RISCHIO

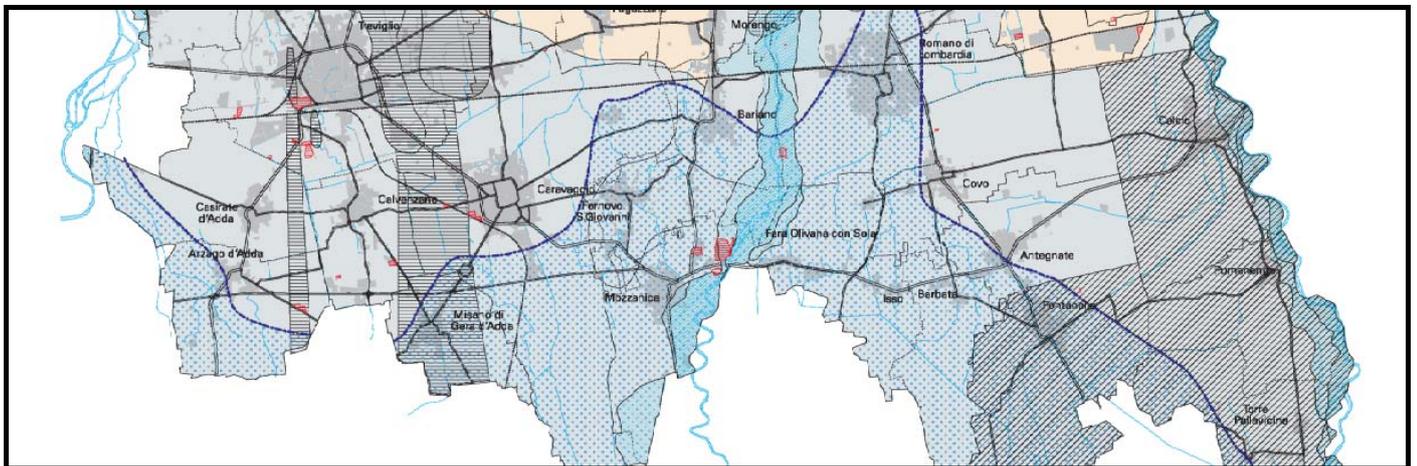
### 10.1 Fenomeni franosi

Sulla base di quanto indicato nell'Inventario dei Fenomeni Franosi redatto dalla Regione Lombardia nell'ambito del progetto IFFI, sull'area esaminata e in un intorno significativo di essa non sono segnalati fenomeni di dissesto né attivi né sospesi né quiescenti.

### 10.2 Vulnerabilità della falda

I depositi alluvionali che caratterizzano l'area in esame, come ampiamente descritto nei Capitoli 6 e 7, ospitano falde libere. Tali falde possono presentarsi più o meno protette in base allo spessore delle coperture di alterazione argillose o limose.

In *Figura 9* viene riportato uno stralcio del P.T.C.P. della provincia Bergamo, in particolare un estratto della *Carta degli elementi di criticità in ambito di pianura*.



*Figura 9 - Estratto dalla Carta degli elementi di criticità in ambito di Pianura del PTCP della Provincia di Bergamo*

#### VULNERABILITÀ DELLA FALDA

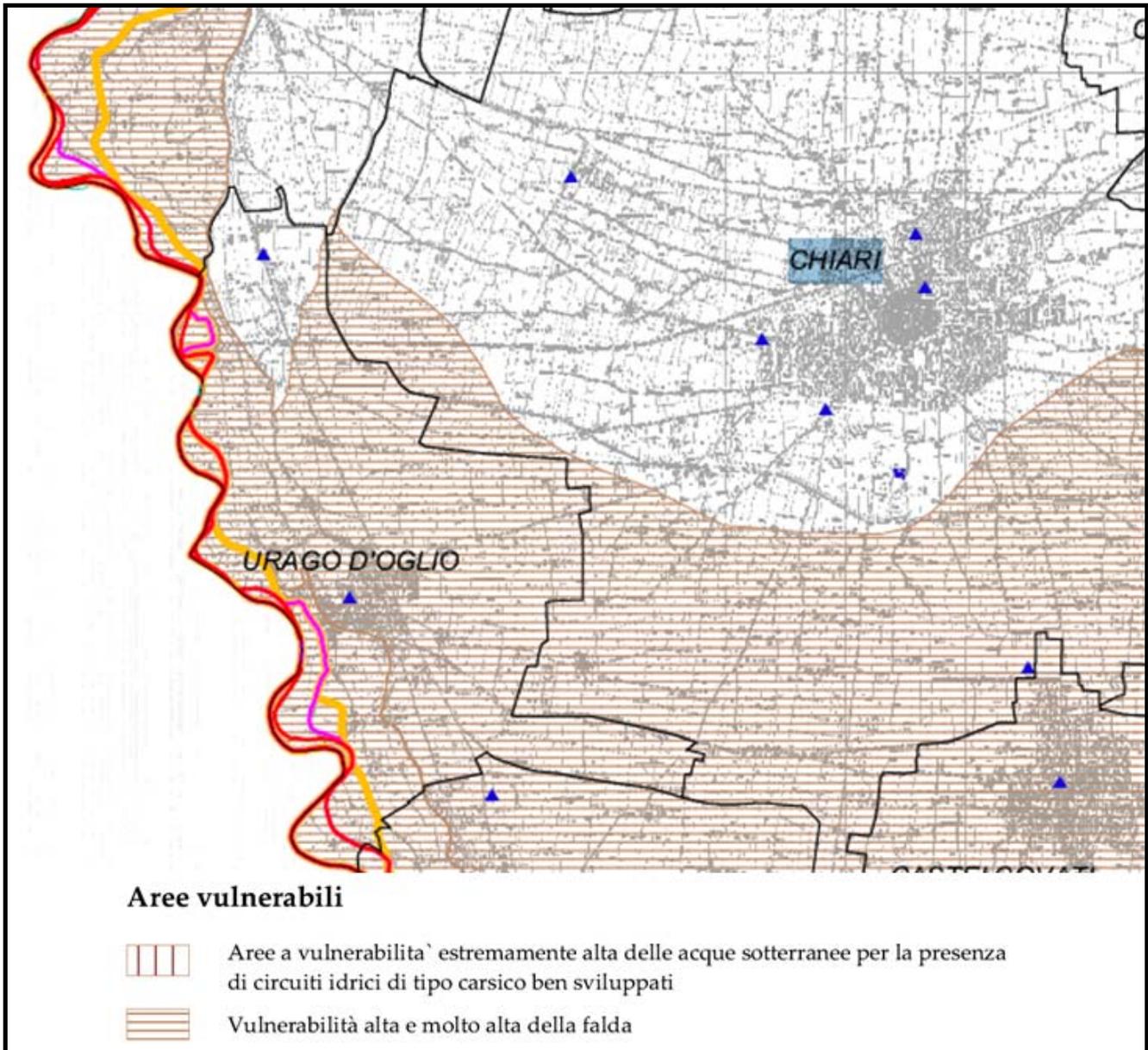
- |   |   |
|---|---|
|  | <b>Vulnerabilità idrogeologica elevata</b><br>- presenza di alvei attivi<br>- rinvenimento della falda freatica nelle porzioni più superficiali dell'acquifero (bassi valori di soggiacenza)<br>- assenza o scarsa persistenza dell'orizzonte impermeabile superficiale |
|  | <b>Vulnerabilità idrogeologica media</b><br>- presenza di litologie superficiali impermeabili non troppo persistenti, ma con falda profonda rispetto al piano di campagna   |
|  | <b>Vulnerabilità idrogeologica bassa</b><br>- presenza di un esteso e potente livello litologico superficiale impermeabile e falda assente nelle porzioni più superficiali dell'acquifero<br>- falda molto profonda rispetto al piano campagna                          |
|  | Limite superiore fascia fontanili aggiornato al 1999  |
|  | Ambito dei fontanili attivi   |

Per tutti i comuni bergamaschi, interessati dal passaggio dell'elettrodotto, la classe di vulnerabilità idrogeologica è elevata, a causa di almeno uno delle seguenti ragioni:

- presenza di alvei attivi;
- rinvenimento della falda freatica nelle porzioni più superficiali dell'acquifero (bassi valori di soggiacenza);
- assenza o scarsa persistenza dell'orizzonte impermeabile superficiale.

Per quanto riguarda il territorio bresciano, il tracciato dell'elettrodotto attraversa una zona a vulnerabilità alta e molto alta della falda, a causa degli esigui spessori della coltre superficiale fine, anche in conseguenza dei numerosi interventi antropici sul territorio che potrebbero aver comportato l'asportazione parziale o totale degli strati di protezione superficiale.

Tale zona interessa i comuni di Chiari, e Urago d'Oglio, come visibile nella *Figura 10* nella quale si riporta un estratto della Tavola 3.A.4 “Ambiente e Rischi” del PTCP della Provincia di Brescia.



*Figura 10 - Estratto da Tavola 3.A.4 del PTCP della Provincia di Brescia – Ambiente e Rischi*

Si ritiene che la realizzazione dei sostegni di progetto, non andrà ad interferire con i corpi idrici sotterranei.

L'intervento non prevede l'accumulo di depositi superficiali contenenti sostanze pericolose potenzialmente interessati dal ruscellamento superficiale delle acque meteoriche veicolate nei corpi idrici.

Le caratteristiche chimico-fisiche delle acque di falda, non subiranno modificazioni, sia per quanto concerne la durata dei singoli microcantieri, sia per quanto riguarda la natura dei materiali e delle sostanze utilizzate, che la loro quantità.

Non verranno infatti impiegate sostanze potenzialmente inquinanti; il calcestruzzo giungerà in cantiere già confezionato e per sua natura (gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie inerti ed il legante idraulico comunemente utilizzato, il cemento, e costituito principalmente da alluminato di calcio, che, a contatto con l'acqua,

solidifica senza rilasciare sostanze potenzialmente dannose) non è potenzialmente inquinante per le acque di falda, anche in virtù dei volumi non significativi che verranno utilizzati.

La stessa considerazione vale per i fanghi di perforazione impiegati, usati nel caso di fondazioni profonde, che verranno gestiti come rifiuti secondo la normativa vigente.

### **10.3 Aree a pericolosità idraulica tratte dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.**

All'interno del PAI (in base a quanto descritto nell'Allegato 3 alle Norme di Attuazione), l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo sono oggetto della seguente articolazione in fasce:

- **Fascia di deflusso della piena (Fascia A)**, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;

Si assume la delimitazione più ampia tra le seguenti:

- fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento e determinato il livello idrico corrispondente, si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0.4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);
- limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR di 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati).

- **Fascia di esondazione (Fascia B)**, esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo potenzialmente interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento.

Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata di riferimento.

Si assume come portata di riferimento la piena con TR di 200 anni. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.

La delimitazione sulla base dei livelli idrici va integrata con:

- le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate, dal punto di vista morfologico, paesaggistico e talvolta ecosistemico alla dinamica fluviale che le ha generate;
- le aree di elevato pregio naturalistico e ambientale e quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale.

- **Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)**, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi.

Si assume come portata di riferimento per l'individuazione della Fascia C la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

Per i corsi d'acqua non arginati la delimitazione dell'area soggetta ad inondazione viene eseguita con gli stessi criteri adottati per la fascia B, tenendo conto delle aree con presenza di forme fluviali fossili.

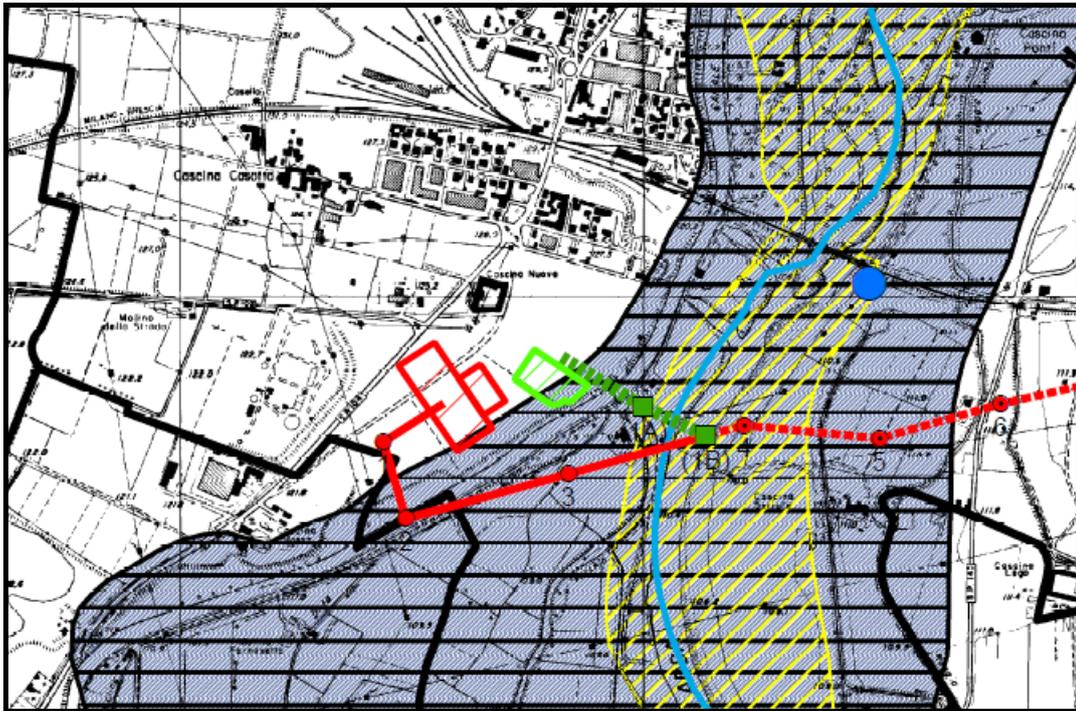
Per i corsi d'acqua arginati l'area è delimitata unicamente nei tratti in cui lo rendano possibile gli elementi morfologici disponibili; in tali casi la delimitazione è definita in funzione della più gravosa delle seguenti due ipotesi (se entrambe applicabili) in relazione alle altezze idriche corrispondenti alla piena :

- altezze idriche corrispondenti alla quota di tracimazione degli argini,
- altezze idriche ottenute calcolando il profilo idrico senza tenere conto degli argini.

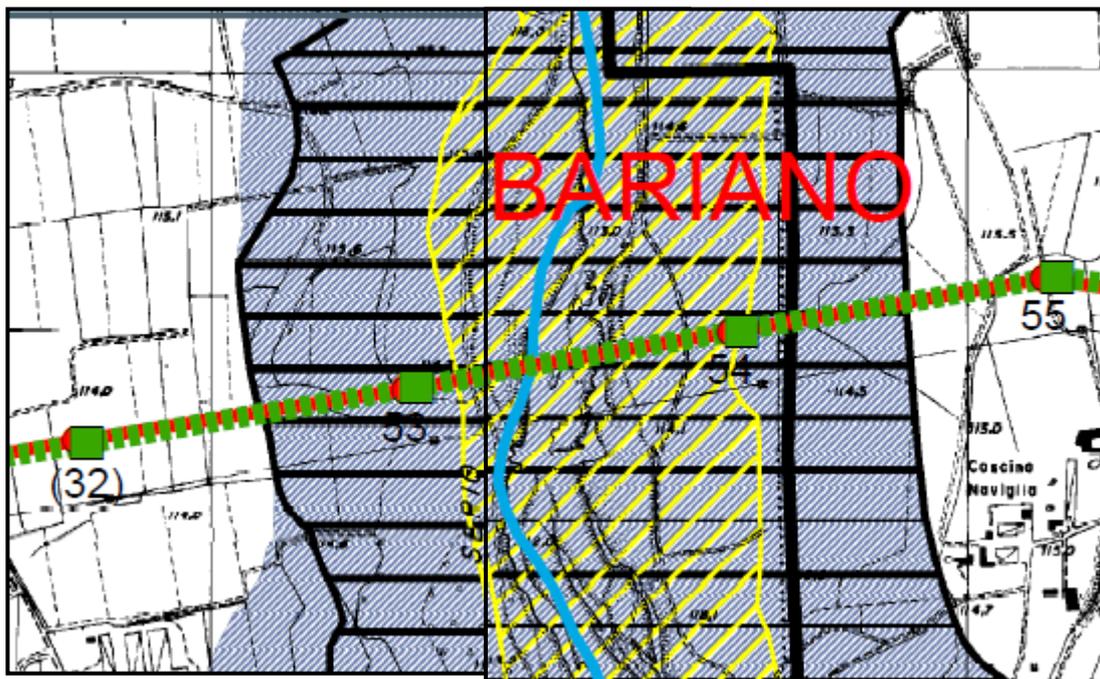
Vengono di seguito riportati degli estratti dalla Tavola 5 "Tavola degli elementi idrografici ed idraulici" in scala 1:10.000, in cui sono messe in evidenza le aree PAI.

Esondabilità (da Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico)

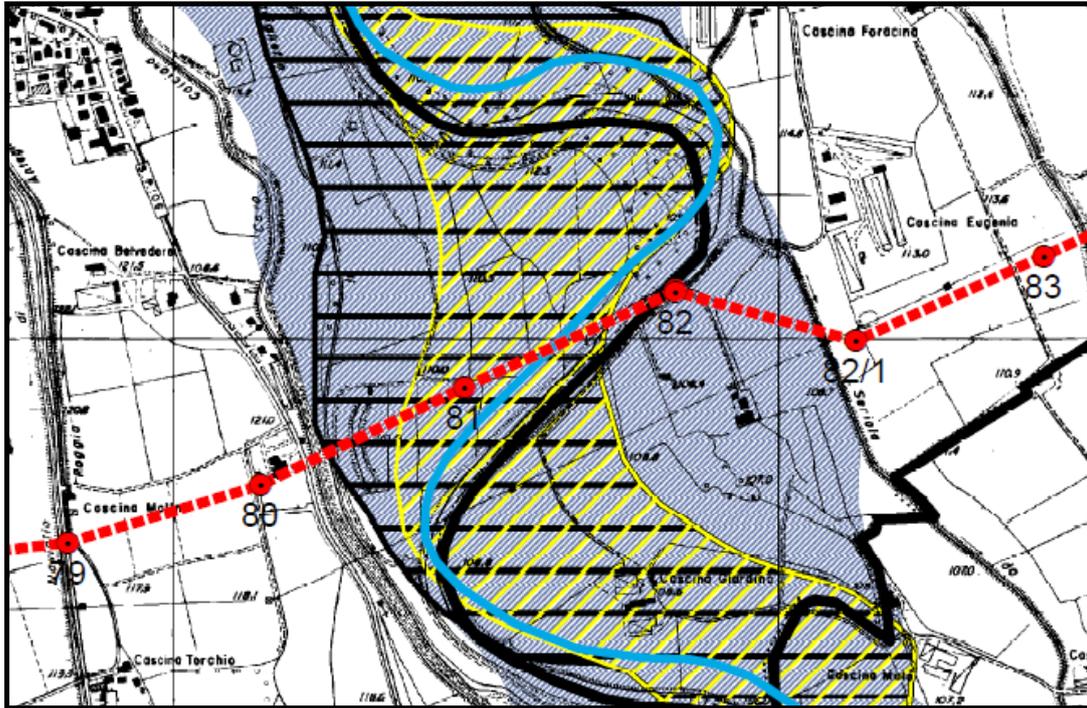
-  Fascia A del P.A.I.
-  Fascia B del P.A.I.
-  Fascia C del P.A.I.



*Zone PAI in prossimità del Fiume Adda*



*Zone PAI in prossimità del Fiume Serio*



Zone PAI in prossimità del Fiume Oglio

Modalità di intervento	Sostegni che ricadono in aree PAI	Aree PAI
A	2	B
A	3	B
A	53	B
A	54	A

La realizzazione dei sostegni, essendo un servizio di interesse pubblico essenziale, è normato dall'art 38 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), che disciplina, gli "interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico" che ricadono all'interno delle Fasce A e B:

*"1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.*

*2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.*

*3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino."*

Si può affermare che per tutti i sostegni sopraelencati che ricadono nelle aree A e B, anche in fase di piena, le interferenze generate dalle opere sul deflusso delle acque siano trascurabili in virtù dei ridotti volumi della base dei sostegni. I sostegni, inoltre, non interferiranno con opere idrauliche presenti sul territorio e non provocheranno restrizioni all'alveo fluviale.

Inoltre l'impermeabilizzazione del suolo sarà relativa solamente alla geometria dei plinti di fondazione e quindi non comporterà una variazione significativa della permeabilità dell'area interessata dall'intervento.

#### **10.4 Altri rischi e impatti potenziali**

Dall'analisi della componente idrica locale, si può concludere che l'intervento in progetto non andrà ad interferire ne' con i corpi idrici superficiali ne' con i corpi idrici sotterranei.

Non si riscontra altresì in nessun caso un'interferenza diretta con pozzi idrici ad uso idropotabile né ad uso agricolo; questi ultimi (per i quali non è prevista alcuna limitazione legislativa in relazione all'opera in costruzione), laddove rilevati, si localizzano sempre ad una distanza di alcune decine di metri dal perimetro esterno delle aree di cantiere. L'intervento non prevede scarichi in corpi idrici superficiali, né l'accumulo di depositi superficiali contenenti sostanze pericolose potenzialmente interessati dal ruscellamento superficiale delle acque meteoriche veicolate nei corpi idrici.

Per la realizzazione delle strutture di fondazione, ed in generale dei sostegni dell'elettrodotto in progetto, non si prevede il prelievo di acque superficiali, pertanto è da escludersi un loro consumo e/o il disturbo di attività di emungimento di acqua. Le caratteristiche chimico-fisiche sia delle acque superficiali, che di quelle di falda, non subiranno modificazioni, sia per quanto concerne la durata dei singoli microcantieri, sia per quanto riguarda la natura dei materiali e delle sostanze utilizzate.

Il calcestruzzo giungerà in cantiere già confezionato e per sua natura (gli aggregati sono costituiti da sabbie e ghiaie inerti ed il legante idraulico comunemente utilizzato, il cemento, è costituito principalmente da alluminato di calcio, che, a contatto con l'acqua, solidifica senza rilasciare sostanze potenzialmente dannose) non è potenzialmente inquinante per le acque di falda, anche in virtù dei volumi non significativi che verranno utilizzati.

La stessa considerazione vale per i fanghi di perforazione impiegati, usati nel caso di fondazioni profonde, che verranno gestiti come rifiuti e secondo la normativa vigente.

## 11 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In ragione della significativa molteplicità dei litotipi presenti sull'area interessata, una caratterizzazione geotecnica dei depositi interessati dalle attività in progetto non può che assumere una connotazione puramente qualitativa, in assenza di indagini geognostiche mirate.

Pertanto, in una fase successiva a questa si dovrà necessariamente eseguire una caratterizzazione dettagliata, dal punto di vista delle proprietà meccaniche e del comportamento deformativo, delle aree sulle quali è prevista la realizzazione di nuovi sostegni. Dovrà essere pianificata un'apposita campagna di indagini in situ, allo scopo di pervenire alla definizione di un modello geotecnico indispensabile per la valutazione dei carichi limite sul terreno, dei cedimenti attesi e della stabilità degli eventuali scavi necessari.

Nella presente Relazione Geologica Preliminare vengono esclusivamente riportate le informazioni reperibili in letteratura (ad esempio negli studi geologici comunali), che indicano una caratterizzazione di larga massima indicativa del comportamento medio dei litotipi e che, in ogni caso, non può sostituire indagini geotecniche di dettaglio.

### **Comune di Antegnate**

Il primo sottosuolo è costituito da uno strato superficiale di spessore medio pari a 1,0-1,5 m di terreno di scarsa qualità geotecnica, di natura limo-argillosa residuale, derivante dall'alterazione chimico-fisica in loco e caratterizzato da una composizione chimica favorevole solo per l'impiego agricolo. Localmente sono stati rilevati anche spessori di 3 m, ma in questo caso si ipotizza la presenza di depositi limosi fini connessi a processi di sedimentazione lenta in acque stagnanti. Il materiale sottostante è invece caratterizzato da depositi ghiaioso-sabbiosi generalmente dotati di un grado di addensamento medio-alto, correlato ad una buona resistenza al taglio. Si possono quindi, mediamente, indicare i seguenti parametri geotecnici:

Grado di addensamento = da medio ad elevato

Compressibilità = scarsa

Peso di volume = 1,8-2,0 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 28°-32°

Coesione drenata = 0 kg/cm<sup>2</sup>

### **Comune di Calcio**

E' possibile accorpate le unità geolitologiche in due unità geotecniche, ovvero:

*Unità di Palosco:*

Livello superficiale (fino a 2 m da p.c.)

Peso di volume = 1,8 – 2,0 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 26° - 28°

Coesione drenata = 0,02 – 0,04 kg/cm<sup>2</sup>

*Livello sottostante*

Peso di volume = 1,7 – 1,9 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 33° - 38°

Coesione drenata = 0 kg/cm<sup>2</sup>

Unità Postglaciale:

Peso di volume = 1,7 – 1,8 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 33° - 38°

Coesione drenata = 0 kg/cm<sup>2</sup>

### **Comune di Caravaggio**

Le caratteristiche geotecniche del territorio comunale possono essere così sintetizzate:

lo spessore del suolo agricolo risulta generalmente contenuto entro 0,5-2,0 m;

*depositi fluvioglaciali recenti appartenenti all'Unità di Treviglio e all'Unità di Cologno:*

Peso di volume = 1,7-1,9 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 30° - 35°

Grado di addensamento = poco addensati

depositi fluviali postglaciali: si riconoscono tre tipologie di terreni:

*Limi sabbioso-argillosi sommitali, non plastici o poco plastici, localmente associati ad intercalazioni torbose:*

Peso di volume = 1,9 – 2,0 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 24° - 28°

Coesione non drenata = 0,25 - 0,7 kg/cm<sup>2</sup>

Coesione drenata = 0,1 - 0,2 kg/cm<sup>2</sup>

Modulo edometrico = 2 - 8 MPa

*Sabbie con ghiaie, sabbie ghiaioso-limose superficiali, da poco a mediamente addensate:*

Peso di volume = 1,7 – 1,9 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 28° - 34°

Densità relativa = 30 - 50%

Modulo elastico = 10 - 20 MPa

*Ghiaie con sabbie, ghiaie sabbiose debolmente limose, addensate:*

Peso di volume = 1,9 – 2,0 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 35° - 40°

Densità relativa = 50 - 70%

Modulo elastico = 20 - 40 MPa

### **Comune di Casirate d'Adda**

Il primo sottosuolo è costituito da uno strato superficiale di spessore medio pari a 1,5 m di terreno di scarsa qualità geotecnica, di natura limo-argillosa residuale, derivante dall'alterazione chimico-fisica in loco e caratterizzato da una composizione chimica favorevole solo per l'impiego agricolo. Localmente sono stati rilevati anche spessori maggiori, ma in questo caso si ipotizza la presenza contemporanea di terreni riportati. Il materiale sottostante è invece caratterizzato da depositi ghiaioso-sabbiosi, generalmente dotati di un grado di addensamento medio-alto, correlato ad una buona resistenza al taglio. Si può quindi sinteticamente definire per lo strato granulare i seguenti parametri geotecnici:

Grado di addensamento = da moderato ad elevato

Compressibilità = scarsa

Peso di volume = 1,8 - 2,0 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 30° - 35°

### **Comune di Chiari:**

Vengono riportati di seguito i parametri geotecnici attribuibili alle varie unità litologiche:

- *Ghiaie sabbiose (depositi fluvioglaciali e alluvioni antiche e recenti)*

Peso di volume = 2,0 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 32° - 37°

Densità relativa = 60 - 80%

Modulo elastico = 30 - 42 MPa

- *Sabbie e ghiaie (depositi alluvionali antichi e recenti)*

Peso di volume = 1,9 t/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio = 30° - 34°

Densità relativa = 40 - 60%

Modulo elastico = 20 - 33 MPa

### **Comune di Romano di Lombardia:**

E' possibile individuare due tipologie principali di terreni:

- terreni granulari mediamente addensati, appartenenti ai depositi fluvioglaciali e fluviali würmiani, a tessitura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa con locali intercalazioni limoso-argillose, con caratteristiche geotecniche da scadenti a discrete.
- terreni granulari poco addensati, appartenenti ai depositi fluviali recenti ed attuali del Fiume Serio, costituiti prevalentemente da ciottoli, ghiaie, sabbie e locali intercalazioni limose, con caratteristiche geotecniche da discrete a buone.

La prima tipologia di terreni occupa la quasi totalità del territorio comunale (99,3%), mentre la seconda è limitata all'alveo e alle fasce immediatamente adiacenti il Fiume Serio. Per quanto riguarda la capacità portante attesa, in generale, si può affermare che si tratta di terreni con valori di portanza da modesta a discreta, le cui proprietà meccaniche migliorano con la profondità, all'aumentare del grado di addensamento del terreno. Nel primo sottosuolo, compreso all'interno della zona di oscillazione della falda freatica, i valori di portanza possono risultare particolarmente scadenti poiché la pressione neutra dell'acqua impedisce al terreno di raggiungere un buon grado di addensamento.

**Comune di Rudiano e di Urago d'Oglio:**

Per quanto riguarda il Livello Fondamentale della Pianura, i terreni di natura ghiaiosa o ghiaioso-sabbiosa possiedono caratteristiche geotecniche buone. Non sono presenti terreni dotati di caratteristiche granulometriche tali da essere soggetti a fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici. Mancano, invece, dati di tipo geotecnico relativi ai terreni presenti nella Valle dell'Oglio che comunque, dalle stratigrafie dei pozzi presenti, risultano prevalentemente di natura ghiaioso-sabbiosa. Essendo più recenti di quelli che costituiscono il livello fondamentale della pianura essi sono comunque meno addensati e più sciolti. Non si esclude, localmente, la presenza di terreni fini legati a zone di ristagno della corrente idrica che li ha depositati.

In sintesi, in base ai dati emersi dalla bibliografia esistente, è stato possibile riportare nella seguente tabella i parametri geotecnici e geomeccanici di riferimento dei terreni di fondazione.

<b>Litologia</b>	<b>Cod.</b>	<b>Peso di volume (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Angolo d'attrito (°)</b>	<b>Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
G1 Unità a ghiaie dominanti	<b>G1</b>	1,8 - 2	30 - 35	-	-
G2 Unità a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)	<b>G2</b>	1,7 – 1,9	27 - 30	-	
L4 Unità a limi dominanti	<b>L4</b>	1,9 – 2,1	20 - 22	0,1 – 0,2	0,25 - 0,7
L5 Unità a limi frammisti a sabbie e ghiaie	<b>L5</b>	1,9 – 2,1	24 - 28	0,1 – 0,2	0,25 - 0,7
S2 Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie	<b>S2</b>	1,7 – 1,9	25 - 28	0,0 – 0,1	-

## 12 INDICAZIONI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA

Per la realizzazione del progetto, ma solamente nei tratti in corrispondenza dei quali sarà necessario provvedere alla realizzazione di nuovi sostegni o alla sostituzione degli esistenti, si presenterà la necessità di eseguire scavi di sbancamento per la realizzazione di nuove strutture di fondazione.

A tal proposito, è necessario che il calcolo dei carichi sul terreno venga eseguito in una fase successiva, previa caratterizzazione geotecnica di dettaglio e una volta che siano noti i carichi di esercizio e le dimensioni delle strutture di fondazione, facendo riferimento D.M. 14/01/2008.

Una volta eseguite le indagini geognostiche nei punti in cui andranno collocati i sostegni sarà possibile valutare, per ciascuno di essi, se è possibile realizzare fondazioni superficiali o se, in presenza di scadenti proprietà geotecniche, sarà necessario ricorrere a fondazioni profonde.

### 12.1 Considerazione geotecniche sui terreni di sottofondazione

Complessivamente il tratto di linea in esame si sviluppa in zone generalmente stabili e non acclive.

Con tali condizioni potranno essere utilizzati agevolmente fondazioni superficiali in plinti di tipo CR (*Figura 11*).

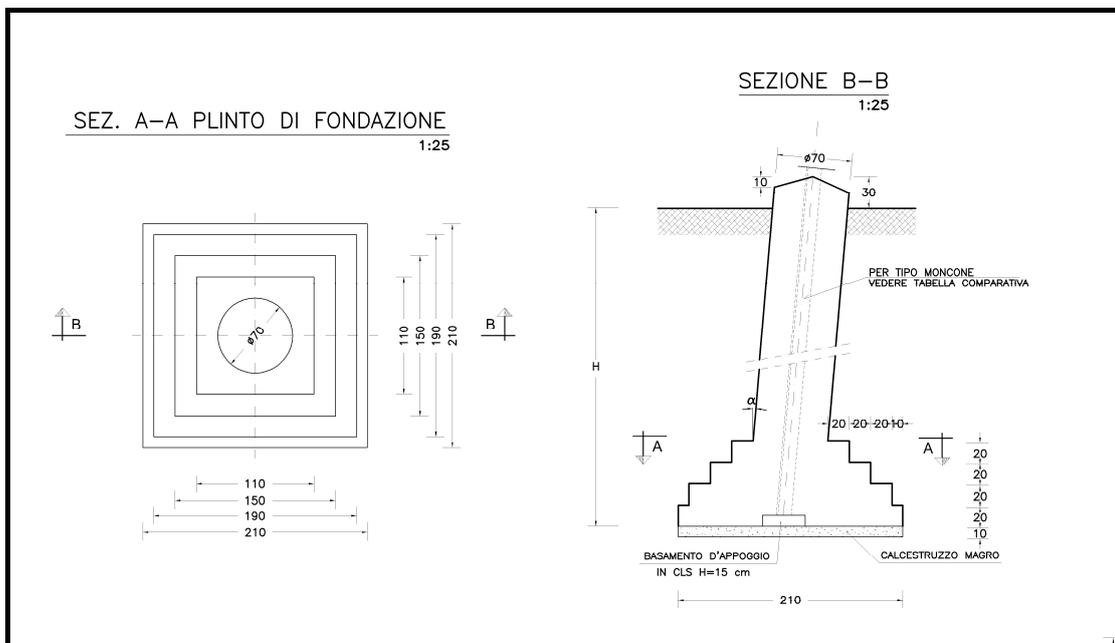


Figura 11 - Plinti di tipo CR

Nelle aree caratterizzate da una falda acquifera superficiale (da 0 a 2 m dal p.c.) si consiglia di utilizzare una fondazione profonda dei sostegni di linea mediante l'impiego di una fondazione con tirafondi con l'impiego di micropali o pali trivellati (*Figura 12*). Le indagini di dettaglio permetteranno di valutare adeguatamente quale fondazione impiegare.

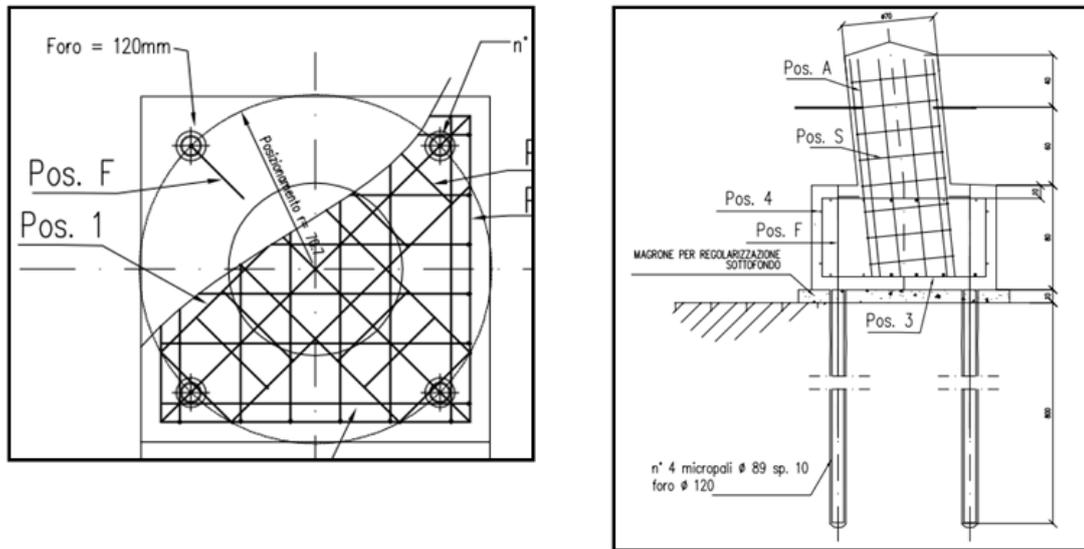


Figura 12 – Micropali e Pali Trivellati

### 13 SINTESI DELLA VALUTAZIONE

Viene di seguito esposto, per ogni sostegno, la valutazione di sintesi sulle diverse componenti indagate.

Intervento	Num. Sostegno	Unità Litologica	Ambito Geomorfológico	Area PAI	Profondità Falda dal p.c.	Elementi Geomorfológicos Rilevanti nelle Vicinanze o in Prossimità	Fondazione Proposta
Tipo A	1	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni con pali trivellati/micropali
Tipo A	2	G2	Pianure alluvionali attuali e recenti	B	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	3	G2	Pianure alluvionali attuali e recenti	B	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	11	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	12	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	13	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	14	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	15	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	16	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	17	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	18	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	19	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	20	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	21	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	22	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	23	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	24	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	25	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	26	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	27	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	28	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	29	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali

Intervento	Num. Sostegno	Unità Litologica	Ambito Geomorfologico	Area PAI	Profondità Falda dal p.c.	Elementi Geomorfologici Rilevanti nelle Vicinanze o in Prossimità	Fondazione Proposta
Tipo A	30A	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	30B	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	31A	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	31B	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	32	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	33	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	34	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	35	G2	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	36	G2	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	37	G2	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	52	L4	Media pianura idromorfa	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	52/1	G1	Alta pianura	-	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	53	G1	Pianure alluvionali attuali e recenti	B	tra 0,5 m e 2 m		Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	54	G1	Pianure alluvionali attuali e recenti	A	tra 0,5 m e 2 m	Paleoalveo	Fondazioni su pali/micropali
Tipo A	55	G1	Pianure alluvionali attuali e recenti	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	56	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	57	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	58	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	59	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	60	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	61	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	62	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	62/1	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	63	G1	Terrazzi fluviali	-	tra 2 m e 4 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	64	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	65	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	66	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m	Paleoalveo	Fondazioni superficiali CR

Intervento	Num. Sostegno	Unità Litologica	Ambito Geomorfologico	Area PAI	Profondità Falda dal p.c.	Elementi Geomorfologici Rilevanti nelle Vicinanze o in Prossimità	Fondazione Proposta
Tipo A	67	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m	Paleoalveo	Fondazioni superficiali CR
Tipo A	68	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	68*	S2	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	69	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	70	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	71	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	72	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	72/1	G1	Alta pianura	-	tra 4 m e 5 m	Paleoalveo	Fondazioni superficiali CR
Tipo A	86	S3	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo A	87	S4	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	88	S5	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	89	S6	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	90	S7	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	91	S8	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	92	S9	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	93	S10	Alta pianura	-	> 5m	Paleoalveo	Fondazioni superficiali CR
Tipo C	94	S11	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	95	S12	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	96	S13	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	97	S14	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR
Tipo C	98	S15	Alta pianura	-	> 5m		Fondazioni superficiali CR

## 14 NOTE CONCLUSIVE

Nella presente Relazione Geologica Preliminare è stato descritto il contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico che caratterizza l'area interessata dalle attività di riqualificazione dell'esistente elettrodotto aereo AT L-18 “Cassano – Ric. Ovest Brescia” nel tratto tra Cassano d'Adda e il Comune di Urago d'Oglio e alla realizzazione di un nuovo elettrodotto di raccordo con l'esistente Stazione Elettrica AT di Chiari.

A seguito delle valutazioni effettuate, è emerso che le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area esaminata non presentano elementi limitanti od ostativi alla realizzazione delle opere in progetto. E' stata valutata, inoltre, l'eventuale presenza di elementi di pericolosità: a tal riguardo, le osservazioni raccolte evidenziano un quadro complessivamente favorevole all'esecuzione delle opere previste.

Si è riscontrato che l'area esaminata è stata definita, nei Piani Paesistici d'Ambito, come area a vulnerabilità alta della falda, a causa della scarsa soggiacenza della falda e dell'esiguo spessore degli orizzonti impermeabili superficiali; appare tuttavia evidente che, in virtù della tipologia e dell'entità degli interventi previsti, non sussistono i presupposti per il verificarsi di problemi di interferenza con l'acquifero superficiale e che i lavori di realizzazione non altereranno lo stato di equilibrio dei luoghi.

E' stato rilevato, inoltre, che alcuni comuni ricadono in classi di media/elevata sismicità. In fase di progettazione esecutiva, qualora in tali aree fosse prevista la messa in opera di nuovi sostegni, si suggerisce di:

- eseguire indagini di tipo sismico (ad esempio, misure di microtremore) al fine di ricostruire il profilo delle velocità delle onde di taglio (vs) e di effettuare le verifiche di Risposta Sismica Locale in termini di fattori di amplificazione;
- stimare i carichi sismici, secondo le prescrizioni del D.M. 14/01/2008 (§ 2.4, 2.5, 2.6, 3.2), da considerare nelle verifiche agli Stati Limite.

Per quanto concerne la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere, è stata fornita in questa fase, un'indicazione qualitativa sulle proprietà meccaniche di massima dei depositi. La caratterizzazione geotecnica di dettaglio dovrà necessariamente essere eseguita, sulla scorta di una campagna di indagini in situ opportunamente prestabilita, in una fase successiva a quella autorizzativa e comunque prima della progettazione definitiva e della realizzazione dei nuovi sostegni.

Per la parte del tratto di elettrodotto che si sviluppa in zone stabili e non acclive potranno essere utilizzate fondazioni superficiali in plinti di tipo CR.

I sostegni della parte più occidentale dell'elettrodotto sono presenti in zone caratterizzate da una falda acquifera superficiale: in tali zone si consiglia di utilizzare una fondazione profonda dei sostegni di linea con l'impiego di micropali o pali trivellati. Le indagini di dettaglio permetteranno di valutare adeguatamente quale fondazione impiegare.

## 15 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Ambrosetti P., Bosi C., Carraro F., Ciaranfi N., Panizza M., Papani G., Vezzani L., Zanferrari A. & Bartolini C. (1983). *Neotectonic Map of Italy*, 1:500.000, sheet 4, C.N.R.
- Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M. (1995). *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella provincia di Milano*. CAP Milano Consorzio per l'acqua potabile.
- Beretta G.P., Galli A., Pezzera G. (1989). Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee. *Acque Sotterranee*, fasc.22, Milano 1989, pagg. 45-62.
- Carcano C. & Piccin A. (2002). *Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*. S.EL.CA., Firenze.