

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
Lotto Funzionale Brescia-Verona  
PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE GEOLOGICA – IDROGEOLOGICA VIABILITA’  
EXTRALINEA – PROVINCIA DI BRESCIA**

IL PROGETTISTA  
Ce.A.S. srl

IL PROGETTISTA INTEGRATORE  
saipem spa  
Tommaso Taranta



Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23473 - Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione  
Tel. 02 52020501 Fax 02 52020509  
CF. e P.IVA. 0823796157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	G	G	E	0	0	0	1	0	0	8	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio <b>Cepav due</b> Project Director (Ing. F. Lombardi)  Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	CHERUBINI	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	
1	01.07.14	Revisione per CdS	GUERRA	01.07.14		01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01.07.14

Doc. N.: IN0500DE2RGGE00010081.doc



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGGE0001008

Rev.  
1

Foglio  
2 di 16

## INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	Inquadramento Geomorfologico.....	3
3.	Inquadramento Geologico.....	4
3.1	Bacino del Mella-Chiese.....	5
4.	Inquadramento Idrogeologico.....	7
4.1	Generalità.....	7
4.2	Classi di permeabilità.....	8
4.3	Livelli piezometrici.....	9
5.	Opere.....	12
5.1	Riqualificazione strada intercomunale Ghedi-Borgosatollo.....	12
6.	BiBLIOGRAFIA .....	13



## 1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è fornire un inquadramento generale dei caratteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici del territorio in Provincia di Brescia interessato dalla viabilità associata al Progetto Definitivo della linea ferroviaria AV/AC Torino-Venezia, tratta Brescia-Verona in particolare:

- Riqualificazione strada intercomunale Ghedi-Borgosatollo

## 2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le opere viabilistiche previste sono situate in aree caratterizzate da una morfologia prevalentemente pianeggiante, corrispondente al cosiddetto Livello Fondamentale della Pianura Padana (o terrazzo recente), la cui origine è dovuta all'aggradazione di conoidi fluvio-glaciali in corrispondenza dei principali sbocchi vallivi, determinata dalla dinamica genetica dell'area legata ad imponenti complessi glaciali ed importanti corsi d'acqua.

Aspetti geomorfologici rilevanti di quest'area sono:

- **terrazzi** di origine fluviale, spesso organizzati in forme complesse, con dislivelli totali notevoli rispetto alla pianura e legati alle modalità erosive degli alvei antichi;
- possibile presenza di **paleoalvei**, ovvero tracce di corsi fluviali estinti e attualmente colmati dalle successive fasi deposizionali;
- notevole sviluppo del **suolo**: il Livello Fondamentale della Pianura è costituito da depositi la cui natura ed età sono molto variabili (prevalentemente attribuibili al Pleistocene Superiore-Olocene); in quest'ambiente la pedogenesi ha potuto agire in tempi lunghi, con la lisciviazione delle basi dagli orizzonti superficiali e la formazione del tipico accumulo di argilla. E' necessario ricordare che i fattori che influenzano lo sviluppo di un suolo sono molteplici; importanti sono il tempo, il clima (con particolare riferimento al regime pluviometrico e termico, al tipo di vegetazione, ai processi di umificazione, alterazione e neoformazione dei minerali), le caratteristiche chimico-fisiche del substrato, la geomorfologia (forma

delle superfici, loro genesi, disposizione nello spazio e rapporti laterali) e l'attività antropica (che modifica profondamente l'evoluzione naturale dei suoli sfruttandone le proprietà e mutandone le caratteristiche;

- presenza di **fontanili**, che rappresentano l'emergenza diretta della falda al di sopra della superficie topografica: tale emergenza, può verificarsi naturalmente o essere favorita mediante scavo o infissione di tubi in testa al fontanile stesso. La maggior parte dei fontanili esistenti alimenta, o alimentava, rogge e sistemi di canalizzazione a fini irrigui;
- **rilievi isolati** nella pianura, con disposizione ad arco, tipica dei complessi morenici, testimonianza di avanzata glaciale.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le opere viabilistiche previste sono situate in aree caratterizzate, dal punto di vista geologico, da una successione di sedimenti quaternari di origine sia glacigenica sia postglaciale.

Nella Carta Geologica allegata in scala 1:10000, le unità riconosciute e cartografate seguono il criterio allostratigrafico. Un'unità allostratigrafica corrisponde ad un corpo di rocce sedimentarie identificato sulla base delle discontinuità che lo delimitano (ovvero comprende i sedimenti appartenenti ad un determinato evento deposizionale).

Inoltre l'analisi delle suddette unità è stata effettuata, a causa della difficoltà nella correlazione delle unità continentali, all'interno del proprio bacino di appartenenza, determinato dai principali fiumi che solcano la Pianura Lombarda.

#### Unità Postglaciale (Pg) - Olocene

I depositi dell'Unità Postglaciale presentano le medesime caratteristiche litologiche indipendentemente dalla loro età. Sono, quindi, costituiti da ghiaie da fini a grossolane con matrice sabbiosa, a supporto di clasti, organizzate in prevalenti strati planari, e da sabbie e limi da massivi a laminati. In superficie la litologia è molto variabile, con alternanze di zone ghiaiose e zone con ghiaia molto scarsa o assente.

Il limite inferiore dell'Unità Postglaciale è costituito da una superficie di contatto con le unità più antiche, mentre quello superiore è rappresentato dalla superficie topografica.

L'Unità Postglaciale è quindi costituita, in area di pianura, da depositi di origine fluviale, che sono di solito ulteriormente distinti in funzione delle aree di influenza dei principali fiumi e dalle successive fasi deposizionali.

### 3.1 Bacino del Mella-Chiese

#### Alloformazione di Navate – Aspes (Na) – Pleistocene superiore

L'unità è caratterizzata da un profilo d'alterazione molto poco evoluto e di spessore limitato.

L'unità rappresenta una tipica fase di deposizione fluvioglaciale legata ad un regime di tipo *braided river* che conferisce al territorio un aspetto blandamente ondulato e costituisce la vasta pianura di quota media 108 m. s.l.m.

Si tratta di depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie medio-grossolane a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa e, secondariamente, da sabbie medio-fini debolmente limose e da limi argillosi debolmente sabbiosi. I clasti sono eterometrici di dimensioni massime 10 cm, subarrotondati, poligenici. Nelle granulometrie più fini sono presenti talvolta clasti sparsi di dimensioni centimetriche.

#### Alloformazione di C.na Rodenga (Ro) – Pleistocene medio - superiore

L'unità è caratterizzata da un profilo d'alterazione evoluto di spessore ridotto.

I depositi fluvioglaciali sono costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di abbondante matrice sabbiosa debolmente argillosa. I clasti sono eterometrici, con dimensioni variabili tra 1-2 cm e 20-25 cm, arrotondati e discoidali, poligenici dove prevalgono le litologie cristalline rispetto a quelle sedimentarie. E' presente una grossolana stratificazione suborizzontale, in cui localmente appaiono lenti e strati di sabbia, dovuta all'alternanza di strati a diversa granulometria. Localmente, alla sommità dei depositi fluvioglaciali è presente una copertura limosa di spessore sconosciuto (depositi di esondazione).



### **Allogruppo del Mella (Me)** Pleistocene

Da un punto di vista morfologico, l'Allogruppo del Mella costituisce l'ossatura dei rilievi di Capriano del Colle, Castenedolo e Ciliverghe. Tali rilievi sono ubicati nella piana tra i fiumi Mella e Chiese e s'innalzano rispetto alla pianura circostante con quote di circa 140 m s.l.m.. La loro genesi è legata, secondo alcuni autori, ad attività di neotettonica che ha portato alla formazione di strutture anticlinali sepolte.

E' possibile distinguere le seguenti unità litostratigrafiche:

#### **Loess (L)** - Pleistocene medio

Si tratta di un deposito eolico costituito da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro. Si presenta in placche isolate e di spessore non quantificabile alla sommità dei cordoni morenici descritti di seguito.

#### **Unità di Capriano del Colle (MeCC)** - Pleistocene superiore

L'unità è caratterizzata da un profilo di alterazione medio-alto con un suolo di spessore massimo intorno ai 4 m.

Si tratta di depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie medio-grossolane con clasti poligenici, da arrotondati a subarrotondati. I clasti alterati sono arenizzati se di natura cristallina o argillificati se di natura carbonatica.

#### **Unità glaciale di Castenedolo (MeCa)** - Pleistocene medio

L'unità è rappresentata da depositi glaciali s.s. costituiti da diamicton massivo a supporto di matrice limoso-argillosa. I clasti sono angolosi, molti con la tipica forma a "ferro da stiro", eterometrici, con dimensioni massime di 50 cm, e poligenici. Il deposito presenta un grado di alterazione molto evoluto: i clasti di natura cristallina si presentano completamente arenizzati mentre quelli di natura carbonatica completamente argillificati. Alla sommità è presente un suolo di genesi loessica dello spessore di circa 2 m con sparsi noduli e incrostazioni di Fe-Mn e zone a pseudogley.



#### **4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

##### **4.1 Generalità**

L'intero territorio lombardo interessato dall'attraversamento della linea in progetto, presenta caratteristiche idrogeologiche piuttosto omogenee. I materiali affioranti con maggior continuità sono sicuramente i depositi di origine fluvioglaciale Pleistocenici che, con spessori elevati, si impostano sul substrato roccioso pre-Pliocenico. La granulometria di questi depositi tende a diminuire con la profondità determinando, di conseguenza, una netta riduzione nella permeabilità degli acquiferi più profondi.

La successione stratigrafica descritta è sede di importanti acquiferi, abbondantemente sfruttati ad uso idropotabile, industriale ed irriguo, e le caratteristiche idrologiche di ognuno di questi risultano controllate dalle caratteristiche proprie di ogni unità.

L'ambiente in esame è dominato dai paleoalvei dei fiumi Serio e Oglio, nonché, in superficie, dagli alvei attuali dei medesimi corsi d'acqua. La presenza di queste strutture rappresenta un importante agente di controllo sulla circolazione idrica profonda caratteristica della Pianura Lombarda, con assi di deflusso principale che si orientano N-S o NNW-SSE.

L'idrografia superficiale, con particolare riferimento ai corsi d'acqua principali (Serio, Oglio e Mella), svolge un'evidente azione drenante sugli acquiferi descritti, che presentano una soggiacenza media piuttosto elevata (30-40 metri) nelle porzioni più settentrionali della pianura, per diminuire sensibilmente spostandosi verso sud, fino ad annullarsi nella "fascia dei Fontanili".

Le oscillazioni stagionali del livello piezometrico possono assumere valori anche molto diversi nei diversi settori descritti (passando da valori massimi di 25-30 metri a minimi di 2-4 metri). E' importante segnalare, a tale proposito, l'azione regolatrice e stabilizzante esercitata dai principali corsi d'acqua che si comportano, nella pratica, come limiti a potenziale imposto.

## 4.2 Classi di permeabilità

Durante le campagne geognostiche realizzate nell'ambito della progettazione definitiva della linea ferroviaria in oggetto, sono state eseguite numerose prove di conducibilità idraulica in foro di sondaggio (Lefranc), mirate alla definizione della permeabilità dei diversi depositi intercettati dal tracciato.

Nella tabella che segue (tab. 4.1) vengono presentate, in modo schematico e sintetico, le risultanze di tale campagna di indagine, con riferimento al territorio di Urago d'Oglio.

Sigla	Quota b. f. (m)	Profondità (m)	Tipo	K (m/s)
XA202R060	120	4,90	variabile	6,44X10E-06
XA202R061	120	15,50	costante	1,91X10E-06
S17	120	7,50	costante	5,30X10E-06
XA202V062	118	7,00	costante	1,61X10E-05
XA202V063	110	20,50	costante	3,16X10E-05
XA202R064	113	4,30	costante	8,38X10E-05
XA202R065	127	14,50	variabile	4,21X10E-05
Media	Mediana	Max	Min	Dev St
<b>2,68E-05</b>	<b>1,61E-05</b>	<b>8,38E-05</b>	<b>1,91E-06</b>	<b>2,92E-05</b>

Tabella 4.1: prove di conducibilità idraulica eseguite nel territorio di Urago d'Oglio

Nella tabella che segue (tab. 4.2) vengono presentate, in modo schematico e sintetico, le risultanze di tale campagna di indagine, con riferimento al territorio di Castenedolo e Borgosatollo.

Sigla	Quota b. f. (m)	Profondità (m)	Tipo	K (m/s)
XA202R110	110	11,05	variabile	3,93X10E-05
XA202R111	114	18,45	variabile	2,78X10E-06
XA202R112	117	25,75	variabile	3,27X10E-06
SA202R114	121	16,90	variabile	2,02X10E-05

SA202R115	123	25,75	variabile	1,50X10E-05
SA202R117	129	22,75	costante	4,48X10E-05
<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Dev St</b>
<b>2,09E-05</b>	<b>1,76E-05</b>	<b>4,48E-05</b>	<b>2,78E-06</b>	<b>1,78E-05</b>

Tabella 4.2: prove di conducibilità idraulica eseguite nel territorio di Castenedolo e Borgosatollo

Come si evince dall'analisi delle tabelle proposte (tabb. 4.1 – 4.2), la classe modale della distribuzione relativa alla conducibilità idraulica delle unità comprese nei settori di pianura di interesse, è rappresentata dalla classe di valori relativi ai  $10^{-5}$  m/s, seguita dai  $10^{-6}$  m/s. Le unità allostratigrafiche attraversate, di origine alluvionale e fluvioglaciale, sono quindi caratterizzate da una permeabilità media.

### 4.3 Livelli piezometrici

Durante le diverse campagne geognostiche realizzate nell'ambito delle attività propedeutiche alla progettazione della linea ferroviaria in oggetto, sono stati realizzati numerosi piezometri, con lo scopo di monitorare i livelli di falda caratteristici per i settori di pianura di interesse.

Nella tabella 4.3 vengono riportati i dati salienti relativi ai piezometri installati nel 2004 appositamente per lo studio delle problematiche legate alla progettazione della viabilità extralinea (piezometri di "viabilità extralinea") (cfr. doc. IN0500DE2N4GE00010151, IN0500DE2N4GE00010161, IN0500DDE2N4GE00020431, IN0500DDE2N4GE00020441) (Fig. 4.1). In grigio, in particolare, è evidenziato il piezometro pertinente alla variante di Ghedi – Borgosatollo.

IDENTIFICAZIONE		CARATTERISTICHE			MISURE (m)			
Sigla	Tratto	Quota BF	Tipo	Prof (m)	Media	Massima	Minima	escursione
5SN001	Sola - Izzo	105.12	TA	3-30	101.9	102.1	101.7	0.4
5SN004	Romano L.	119.56	TA	6-30	115.0	115.5	114.8	0.7

5SN011	Sola - Isso	103.03	TA	3-30	100.0	100.3	99.5	0.8
5SN020	Romano L.	123.85	TA	6-30	119.4	119.9	119.2	0.7
5SN024	Calcio	111.08	TA	3-30	109.6	109.9	109.2	0.7
5SN026	Ghedi	116.03	TA	3-30	110.8	111.4	110.5	0.9

Tabella4.3: Ricontri strumentali ottenuti in corrispondenza dei piezometri di "viabilità extralinea"

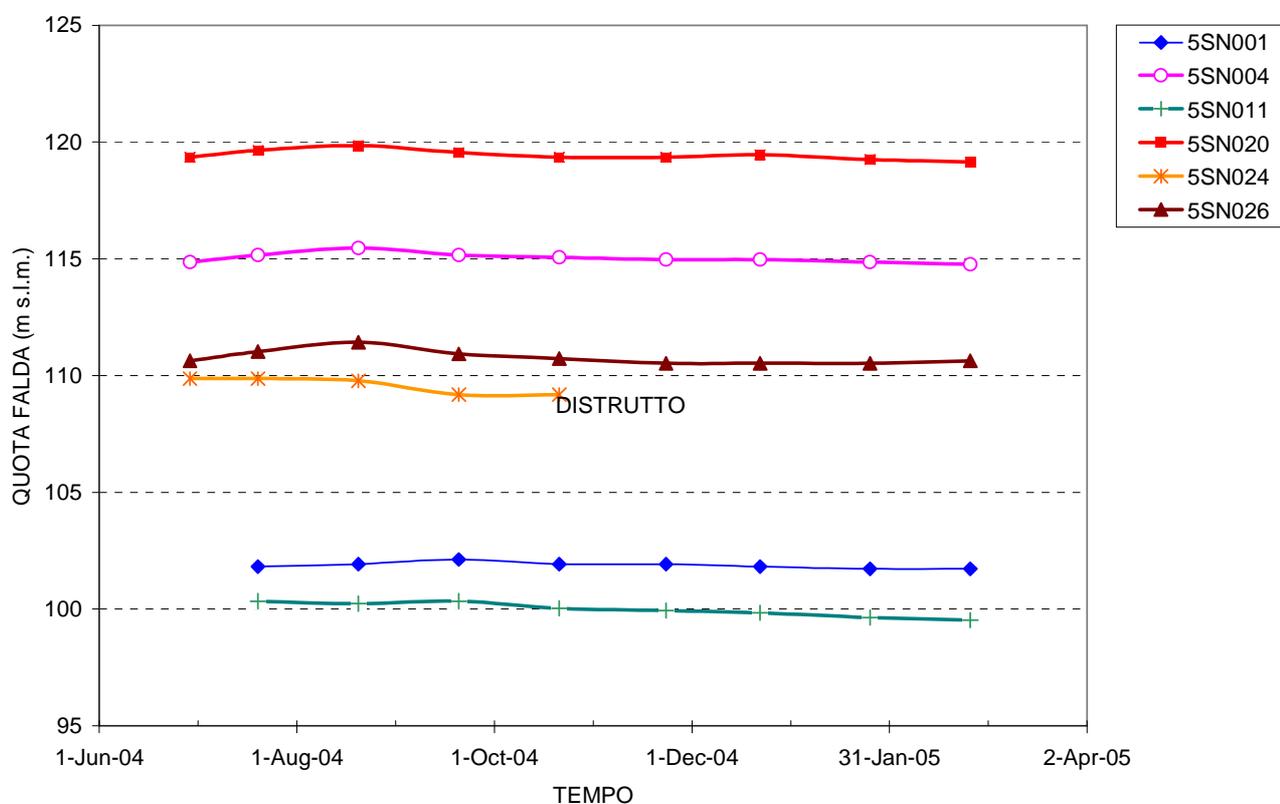


Figura 4.1: Andamento dei piezometri di "viabilità extralinea"

Considerando l'insieme dei dati a disposizione (dunque anche quelli relativi ai piezometri di linea) è possibile fare le seguenti considerazioni:

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 2 m circa.
- L'escursione piezometrica massima è valutata in 5 m circa.
- La soggiacenza media è valutabile tra i 2 e gli 8 metri al di sotto del piano campagna.

- La soggiacenza massima si registra, nella maggior parte dei casi, in aprile, ma restano ben rappresentati anche i mesi di maggio e di gennaio.
- La soggiacenza minima si registra, nella quasi totalità dei casi in luglio o in novembre.
- La quota (m s.l.m.) della falda si mantiene su valori compresi tra i 90 m s.l.m. e i 115 m s.l.m.

Per ogni ulteriore approfondimento si rimanda alla Relazione Idrogeologica Generale allegata al Progetto Definitivo in oggetto.

Nella figura 4.3 che segue (viene presentato, in modo schematico e sintetico, l'andamento regionale del Primo Acquifero rispettivamente nel territorio di Castenedolo e Borgosatollo).

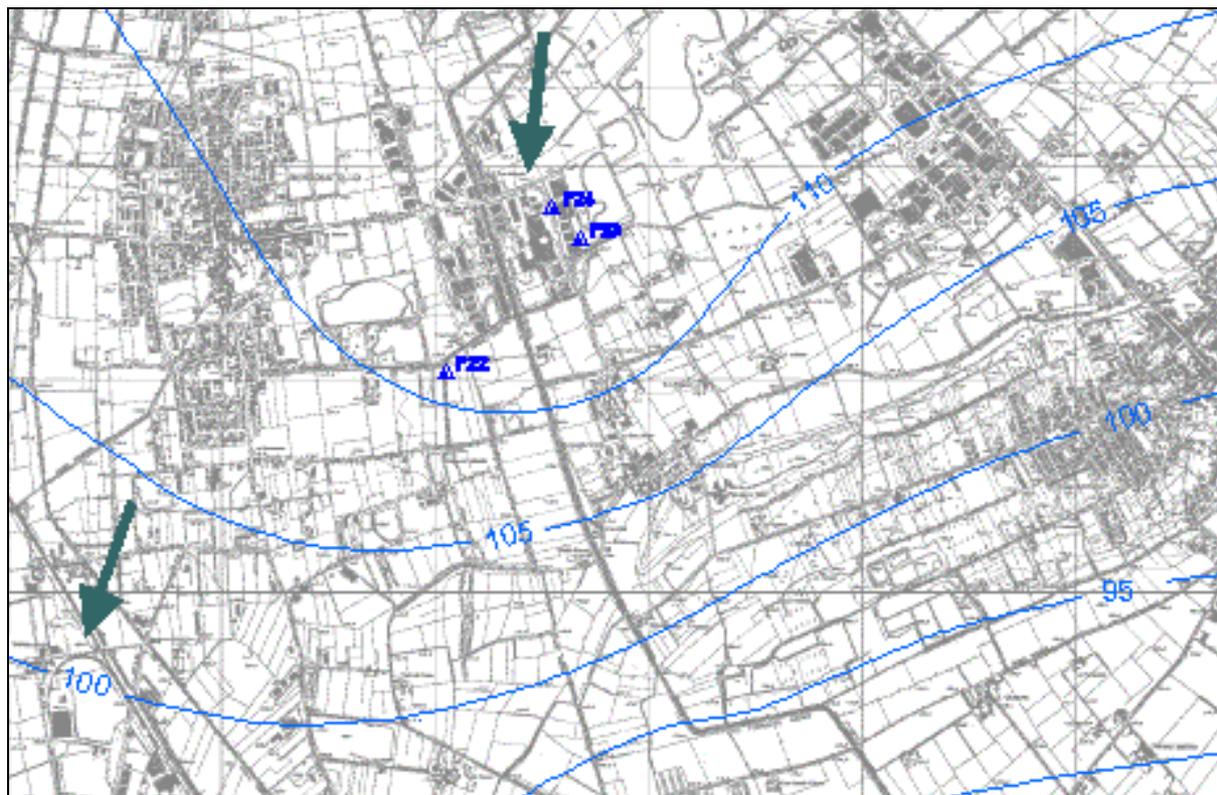


Figura 4.3: andamento regionale del Primo Acquifero nel territorio di Castenedolo e Borgosatollo

Le linee di flusso si orientano, da Nord verso Sud. I valori di soggiacenza rimangono ridotti, come testimoniato dalla locale presenza di fontanili (F nelle due carte schematiche proposte).

**5. OPERE****5.1 Riqualificazione strada intercomunale Ghedi-Borgosatollo**

L'opera, compresa nel territorio dei Comuni di Ghedi, Castenedolo e Borgosatollo, consente il collegamento della SP77 con la SP24.

Si snoda in un'area pressochè pianeggiante, caratterizzata da quote del piano campagna indicativamente comprese tra 112 m s.l.m. e 119 m s.l.m..

Da segnalare la presenza di fontanili nella zona circostante ed il fitto reticolo idrografico costituito da rogge e sistemi di canalizzazione a fini irrigui.

Elemento geomorfologico di rilievo, situato ad Est dell'opera in oggetto, è la collina di Castenedolo: essa è orientata in direzione SO-NE ed è probabilmente connessa all'attività di una faglia sepolta che ne borda il fianco settentrionale. Tale rilievo è allineato con gli alti morfologici di Capriano del Colle e Ciliverghe, disposti ad arco ed isolati nella pianura, e appartenenti ad una cerchia morenica profondamente alterata e antropicamente sfruttata (da qui il profilo dolce di questi rilievi).

L'opera, dal punto di vista geologico, è interamente compresa nell'Alloformazione di Cascina Rodenga (cfr. cap. 3), ovvero in depositi di origine fluvioglaciale.

Dalle indagini geognostiche eseguite nel corso del 2004, si desume che si tratta di terreni costituiti prevalentemente da ghiaia sabbiosa, con clasti eterometrici e poligenici, con intercalazioni di sabbia fine e limo argilloso.

Superficialmente (da 0.0 m a circa 5.1 m da p.c.) prevale terreno agrario e/o terreno di riporto (con presenza di laterizi), costituito da limo sabbioso con inclusi ghiaiosi e ghiaia.

## 6. BIBLIOGRAFIA

### **Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. & Nespoli M. (1995)**

Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano

Consorzio per l'Acqua Potabile ai comuni della Provincia di Milano

### **Bini A. & Orombelli G. (1988)**

Considerazioni sulla terminologia dei sedimenti glaciali – *Natura Bresciana*, Vol. 24, Brescia.

### **Boni A., Cassinis G. & Venzo S. (1970)**

Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 - Foglio 47 - Brescia. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

### **Boni A. & Venzo S. (1987)**

Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 - Foglio 47 - Brescia. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

### **Chardon M. (1975)**

Les Prealpes lombardes et leurs bordures – *Librairie Champion*, Paris.

### **C.N.R. (1983)**

Neotectonic map of Italy, scala 1: 500.000. *Quaderni della ricerca scientifica*. Vol.4 n.114.

### **Cremaschi M. (1987)**

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGGE0001008

Rev.  
1

Foglio  
14 di 16

Paleosols and vetusols in the central Po Plain (Northern Italy). A study in Quaternary Geology and soil development – *Studi e Ricerche sul territorio; Ed. Unicopli, Milano.*

**Desio A. (1966)**

I rilievi isolati della Pianura Lombarda ed i movimenti tettonici del Quaternario, *Istituto di Geologia dell'Università di Milano, Milano.*

**ERSAL- Regione Lombardia (1991)**

I suoli della Pianura Bresciana Orientale – Progetto Carta Pedologica

**ERSAL- Regione Lombardia (1997)**

I suoli dell'area morenica Gardesana settore Bresciano – Progetto Carta Pedologica

**ERSAL- Regione Lombardia (1999)**

I suoli della Franciacorta – Progetto Carta Pedologica

**ERSAL- Regione Lombardia (2002)**

I suoli della Pianura Bresciana Occidentale – Progetto Carta Pedologica

**Flint R. F. (1971)**

Glacial and Quaternary Geology – *Wiley & Sons, New York.*

**Francani V., Zuppi G.M., Denti E., Sala P. e Scesi L. (1988)**

Studi Idrogeologici sulla Pianura Padana

**Francani V. e Lorandi F. (1978)**

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGGE0001008

Rev.  
1

Foglio  
15 di 16

Studio Idrogeologico sul territorio bergamasco fra i fiumi Adda e Serio". Istituto di Ricerca sulle Acque. CNR. P/512

**Min. Univ. e Ricerca Scientifica e Tecnologica (2001)**

Carta Geomorfologica della Pianura Padana e relative Note Illustrative (Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria) – Roma

**Progetto Esecutivo (1992-94) - Cepav2**

Relazione Geologica ed Allegati -Linea Torino-Venezia – Tratta Milano-Verona

**Progetto Preliminare (2003) - Cepav2**

Relazione Geologica con elementi di Geomorfologia ed Idrogeologia.

**Progetto Preliminare (2003) - Cepav2**

Studio di impatto ambientale.

**Penck A. V. & Bruckner E. (1909)**

Die Alpen im Eiszeitalter - Leipzig

**Venzo S. (1965)**

Rilevamento geologico dell'Anfiteatro Morenico frontale del Garda dal Chiese all'Adige con Carta a colori 1: 40.000 – *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano, Vol. XIV, Fasc. I, Milano.*