

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**

**STUDIO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO
 GALLERIA SAN GIORGIO**

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. A23728 - Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
 Tel. 02.52020571 Fax 02.52020309
 CF. e P.IVA 0825700157

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	9	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01/07/14

File: IN0500DE2RGGE00010091.doc



Progetto cofinanziato
 dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



I N D I C E

1.	PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	3
1.1	Metodologia di lavoro.....	3
2.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	4
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.1	Stratigrafia di dettaglio	7
4.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	9
4.1	Generalità.....	10
4.2	Classi di permeabilità.....	12
4.3	Andamento della Falda	17
4.4	Considerazioni conclusive	19
5.	APPROFONDIMENTI	21
6.	BILANCIO IDROLOGICO	23
7.	CONSIDERAZIONI SUGLI IMPATTI E POSSIBILI MITIGAZIONI.....	29

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il presente documento va inteso come monografia di approfondimento alla Relazione Geologica generale (doc. rif. IN0500DE2RGGE0001001) e alla Relazione Idrogeologica generale (doc. rif. IN0500DE2RGGE0002001), allegate al Progetto Definitivo per la Linea A.V./A.C. Torino – Venezia, tratta Milano – Verona.

Oggetto di tale monografia è l'inquadramento geologico ed idrogeologico del territorio interessato dallo scavo della Galleria San Giorgio.

La Galleria San Giorgio è interamente compresa nel territorio comunale di Sona (Verona). L'imbocco occidentale è situato alla pk 130+180, quello orientale alla pk 133+575. La lunghezza totale dell'opera è di 3644 metri. La galleria, prevista in naturale tra la pk 130+463 e la pk 132+233, è progettata in artificiale in prossimità degli imbocchi.

1.1 Metodologia di lavoro

Le fasi che hanno condotto alla stesura della presente relazione sono state le seguenti:

- revisione bibliografica del materiale a disposizione precedentemente redatto, con particolare riferimento alla "Relazione Idrogeologica" (P.E. 1992), allo Studio di Impatto Ambientale (P.P. 2003) e alla "Relazione Geologica" (P.P. 2003);
- revisione bibliografica delle pubblicazioni scientifiche inerenti alle tematiche in esame;
- contatti con la Provincia di Verona, l'ARPA Veneto, il Comune di Sona per il reperimento della documentazione tecnica eventualmente esistente;
- analisi critica dei punti d'acqua (pozzi e fontanili);
- analisi dei dati ottenuti dalle prove di permeabilità eseguite lungo il tracciato della linea in progetto nelle campagne geognostiche del 1992, del 2001-2002 e del 2004;
- analisi dei dati piezometrici ottenuti nel corso delle citate campagne;
- raccolta e revisione dei dati climatici, con particolare riferimento ai dati pluviometrici e termometrici relativi alla stazione meteorologica di Peschiera del Garda;
- raccolta dei dati di qualità chimica e fisica delle acque superficiali e profonde.



2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La zona attraversata dalla galleria è compresa nella parte più orientale dell'Anfiteatro Morenico del Garda, in cui sono riconoscibili morfologie collinari, associabili a cordoni morenici, delimitate da valli strette e tratti pianeggianti, di origine tipicamente fluvioglaciale.

L'imbocco occidentale della Galleria San Giorgio è situato sul terrazzo in sponda sinistra del Fiume Tione, nei pressi della località Roncana. Questo terrazzo, di origine fluviale, determina un dislivello di circa 20 metri tra l'alveo attuale del fiume ed i rilievi circostanti.

L'opera prosegue in rilievi collinari, orientati circa Nord-Sud, che raggiungono quota massima di 140 m s.l.m., e in strette aree pianeggianti chiuse, talora incassate, tra le colline, aventi quota media di 125 m s.l.m.. Più ad Est, verso l'imbocco orientale, le aree di pianura diventano più ampie (quote medie 118 m s.l.m.) man mano che ci si avvicina alle ultime cerchie dell'apparato morenico e alla Pianura Veneta.

L'imbocco orientale dell'opera in esame è situato in un'area subpianeggiante nei pressi della località Case Valle ad Ovest di Sona.

Il reticolo idrografico non presenta elementi di spicco, ad eccezione del citato Fiume Tione, caratterizzato da un andamento sinuoso, e di un sistema di canali di importanza marginale, sfruttati per lo più a scopi irrigui.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

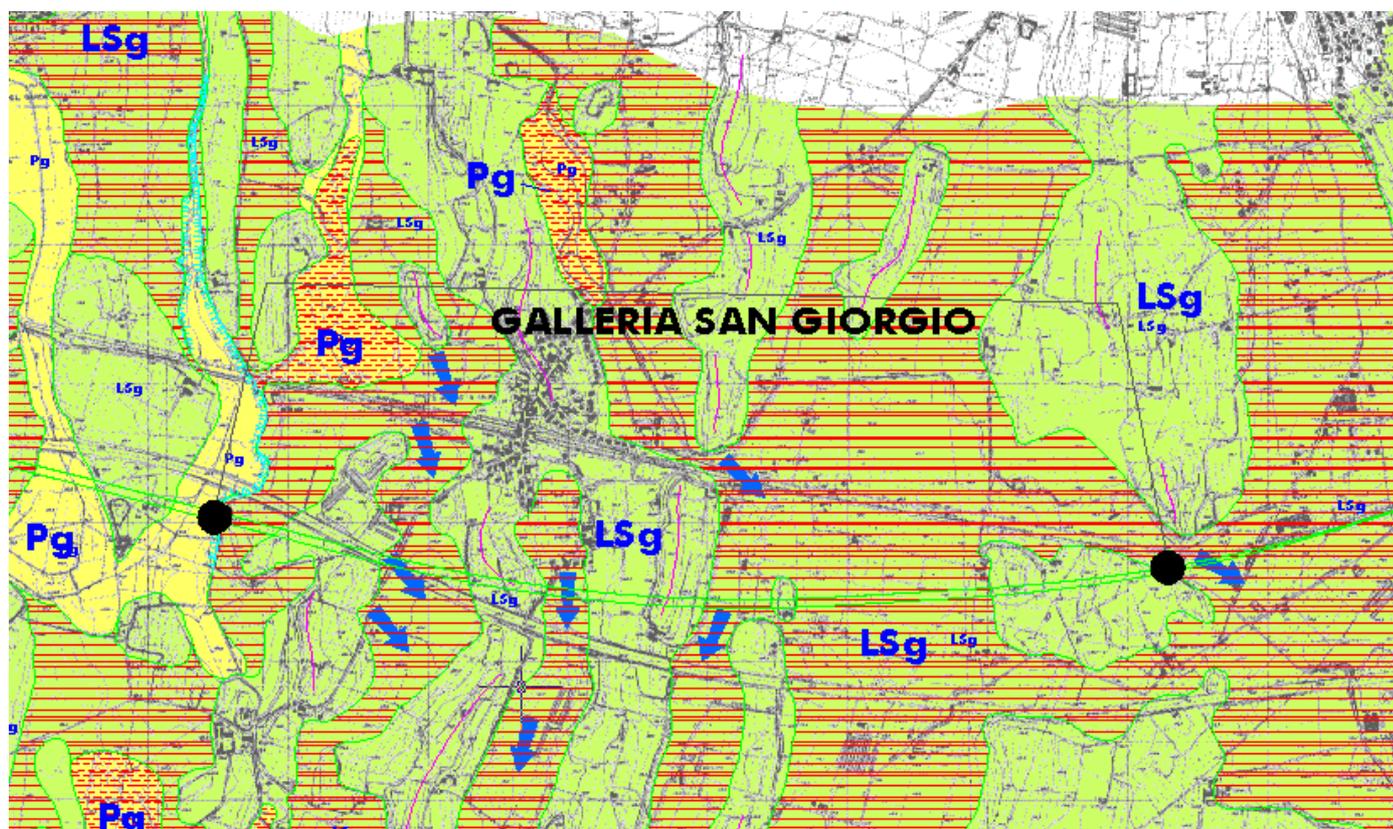
L'imbocco occidentale della Galleria San Giorgio è situato sul terrazzo fluviale in sponda sinistra del Fiume Tione: esso delimita i depositi che costituiscono l'alveo attuale di questo corso d'acqua, caratterizzati dalla presenza di ghiaie a supporto di abbondante matrice sabbiosa o limosa, se dovuta al rimaneggiamento di sedimenti antichi molto alterati.

L'opera attraversa quindi i rilievi collinari di origine glaciale del Pleistocene medio (corrispondenti ai cordoni morenici del Riss descritti da Venzo nel 1965), costituiti da diamicton massivo a supporto di matrice sabbioso-limosa, talora debolmente cementato, con clasti eterometrici aventi dimensioni massime sino a 2 m (massi erratici), da angolosi a subarrotondati, poligenici.



La Galleria San Giorgio attraversa inoltre i depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio, rinvenibili nelle piane intermoreniche e costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa.

Nello schema che segue (fig. 1, stralcio della carta geologica 1:10000 – doc. rif. IN0500DE2N4GE0001013 allegata al Progetto Definitivo in oggetto) viene rappresentata la distribuzione delle diverse alloformazioni affioranti nell'area di interesse.



ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA

Unità Postglaciale (Pg)

- Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi - **Olocene**

- Depositi lacustri - **Olocene**

Allogruppo di Lugana (Lu)

- Depositi glaciali - **Pleistocene sup.**

- Depositi fluvioglaciali - **Pleistocene sup.**

- Depositi glaciolacustri - **Pleistocene sup.**

Allogruppo di Lonato e San Giorgio (LSg)

- Depositi glaciali - **Pleistocene med.**

- Depositi fluvioglaciali - **Pleistocene med.**

Allogruppo di Calcinato (Ci)

- Loess (L) - **Pleistocene med.**

- Depositi glaciali (C= conglomerati) - **Pleistocene inf.- med.**

- Depositi fluvioglaciali - **Pleistocene inf.-med.**

Figura 1 : Carta geologica schematica dell'area interessata dallo scavo della Galleria San Giorgio.



Per completezza vengono di seguito riportate le descrizioni dei diversi terreni attraversati, così come presentano sulla Relazione Geologica generale (doc. rif. IN0500DE2RGGE0001001) allegata al Progetto Definitivo in oggetto.

- Allo gruppo di Lonato e San Giorgio (LSg)

- *Depositi glaciali (m^R)*

Sono costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso limosa, talora debolmente cementati. I clasti sono eterometrici con dimensioni massime sino a 2 m (massi erratici), da angolosi a subarrotondati, poligenici. L'alterazione colpisce circa il 50% dei clasti con litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate e litologie cristalline da fragili ad arenizzate.

- *Depositi fluvioglaciali (fg^{R3}, fg^{R2}, fg^{R1})*

Sono costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa. I clasti sono arrotondati e poligenici. L'alterazione colpisce circa il 50% dei clasti con litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate e litologie cristalline da fragili ad arenizzate.

- Unità Postglaciale (Pg)

- *Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi (a²)*

Sono costituiti da ghiaie a supporto di abbondante matrice sabbiosa o limosa se dovuta al rimaneggiamento di sedimenti antichi molto alterati.

- *Depositi lacustri (P)*

Sono costituiti da argille e limi a laminazione pianoparallela orizzontale con, talvolta, livelli torbosi.

3.1 Stratigrafia di dettaglio

Lungo il tratto interessato dalla Galleria San Giorgio è stato prodotto un profilo geologico in asse con il tracciato della linea ferroviaria in progetto (doc. rif. IN0500DE2F5GE0001019) in scala 1:5000/1:500.

Con l'ausilio dei numerosi sondaggi eseguiti nel corso delle campagne Cepav Due (1992), Italferr (2001-2002) e Cepav Due (2004-2005), è stato possibile distinguere, in profondità, i diversi depositi attraversati dalla galleria e già riconosciuti in superficie.

I sondaggi a carotaggio continuo eseguiti in quest'area prevalentemente collinare, raggiungono la profondità massima di 60 metri dal piano campagna.

Nella tabella che segue (tab. 1) sono indicati i sondaggi geognostici che sono stati considerati per la ricostruzione del profilo geologico-idrogeologico dell'area in cui si sviluppa la galleria in oggetto. I sondaggi ubicati nel profilo (Doc. A20200DE2F5GE0001019) sono solo quelli più prossimi all'asse della Galleria.

Sondaggio	Anno	Pk	Quota B.F.	Profondità	Attrezzato a piezometro
XA202B170	2002	130+252	103.00	20	si
XA202G171	2002	130+477	117.50	25	si
XA202G172	2002	130+945	128.54	30	si
XA202G173	2002	131+058	126.41	30	si
XA202G174	2002	131+523	133.26	35	si
XA202G175	2002	131+753	141.78	35	si
EA202B176	2002	132+268	118.80	25	si
XA202B177	2004	132+316	121.50	25	si
XA202B178	2002	132+534	119.02	20	si
XA202B179	2002	132+819	118.70	20	si
XA202B180	2002	132+918	120.12	20	si
XA202B181	2004	133+302	126.20	20	si
XA202B182	2004	133+602	119.54	25	si



4SN033	2004	130+187	118.99	60	si
4SS034	2005	130+200	123.27	30	no
4SN035	2005	130+510	126.68	30	si
4SS036	2004	131+314	128.64	35	no
4SC037	2004	131+689	130.99	43	si
4SC038	2004	132+031	120.47	35	si
4SS039	2004	132+697	119.28	30.5	no
4SS040	2004	133+051	131.30	35	no
4SS041	2004	133+258	127.12	30	no
S1GS	2004	130+588	115.91	25	si
S2GS	2004	130+690	131.97	30	si
S3GS	2004	131+359	128.83	30	si
S4GS	2004	132+150	122.29	25	si
S5GS	2004	132+967	128.25	25	si
S6GS	2004	132+637	115.44	25	si
S7GS	2004	133+950	110.36	25	si
S8GS	2004	133+122	123.83	30	si
S9GSDN	2004	133+279	147.24	30	si

Tabella 1: Sondaggi realizzati nel settore della Galleria San Giorgio.

L'imbocco occidentale della Galleria San Giorgio è situato in prossimità del Fiume Tione. Nell'area occupata dai depositi alluvionali (Olocene) di questo corso d'acqua non sono stati eseguiti sondaggi, tuttavia, alla pk 129+609, nei pressi del Fiume Tionello che scorre più ad Est, si evince che le piane fluviali sono costituite da sabbia fine da limosa ad argillosa con resti vegetali negli strati più superficiali e da ghiaia eterometrica.

La galleria attraversa quindi una collina (da pk 130+130 a pk 130+708), caratterizzata da depositi glaciali s.s., costituiti prevalentemente da ciottoli e ghiaia eterometrica subangolare in matrice sabbioso-limosa, sabbia medio-fine localmente limosa con ghiaia eterometrica e subordinati livelli di limo sabbioso.

Procedendo verso Est, intercalati ai depositi sopra descritti, sono presenti sedimenti di origine fluvioglaciale, costituiti da ghiaia e sabbia con ghiaia.



Fino alla fine del tratto in naturale (pk 132+233), la Galleria San Giorgio attraversa altri rilievi di origine glaciale nei quali prevalgono limi argilloso-sabbiosi con ghiaia eterometrica e poligenica e ciottoli in abbondante matrice limoso-sabbiosa.

In particolare alla pk 131+314 sono presenti lenti di argilla sabbiosa con ghiaia e dalla pk ca. 131+530 aumenta la percentuale di depositi sabbiosi e limosi interessati dallo scavo della galleria.

Le piane fluvioglaciali, che intersecano le suddette colline sono caratterizzate dalla presenza di terreni costituiti prevalentemente da sabbia con ghiaia eterometrica localmente limosa.

Dalla progressiva 132+308 la galleria artificiale attraversa un'area (per ca. 600m) con sedimenti fluvioglaciali costituiti da sabbia ghiaiosa talora debolmente limosa, con clasti eterometrici e poligenici, da angolosi ad arrotondati, e ghiaia sabbiosa.

Tra le pk 132+920 e 133+600 la galleria attraversa un corpo morenico caratterizzato da depositi glaciali s.s., costituiti da ghiaia con sabbia limosa e ciottoli, con clasti eterometrici, poligenici, da subangolosi a subarrotondati, e sabbia talora limosa con ghiaia eterometrica subangolosa.

In quest'area sono frequenti i massi erratici, rilevati in superficie, con dimensioni anche superiori a 2 m, spesso rimossi dalla loro posizione originaria. I sondaggi geognostici eseguiti durante le campagne d'indagine (1992-1994, 2001-2002, 2004 e 2005), in realtà, a differenza di quanto riscontrato in contesti geologici simili, non indicano la presenza significativa di trovanti. Sulla base delle informazioni raccolte, comunque, non si può escludere che lo scavo della galleria in oggetto possa incontrare la presenza di trovanti, in numero e dimensioni non determinabili.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La Galleria San Giorgio verrà realizzata nella parte terminale dell'Arco Morenico del basso Garda, al passaggio tra i depositi morenici e fluvioglaciali tipici di queste morfologie ed i depositi che costituiscono la vicina Pianura Veneta.



L'analisi delle indagini a disposizione ha mostrato, per questi settori di pianura, bassi valori di soggiacenza. La galleria in progetto dovrebbe rimanere, in buona approssimazione, sempre sotto il carico idraulico della falda superficiale.

4.1 Generalità

L'assetto idrogeologico dell'area e l'andamento della superficie piezometrica sono stati ricostruiti sia sulla scorta delle attività svolte nell'ambito della redazione della Relazione Idrogeologica generale (doc. rif. A20200DE2RGGE0002001) sia, soprattutto, sulla base dei riscontri ottenuti dalle rilevazioni strumentali relative ai piezometri dislocati nell'area. A tale proposito i piezometri considerati, aggiornati ad agosto 2005, sono (cfr tab. 2):

Sigla	Anno di lettura	Nr. letture	Soggiacenza media (m)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota media (m s.l.m.)	Quota massima (m s.l.m.)	Quota minima (m s.l.m.)
XA202B170	2002	11	3,22	4,09	2,30	1,79	99,78	100,70	98,91
XA202G171	2002	11	0,72	1,27	0,45	0,82	116,78	117,05	116,23
XA202G171	2004-2005	11	0,14	0,23	0,09	0,14	117,36	117,41	117,27
XA202G172	2002	11	3,78	4,84	2,88	1,96	124,76	125,66	123,70
XA202G172	2004-2005	15	3,14	4,06	2,37	1,69	125,50	126,17	124,48
XA202G173	2002	11	5,95	6,61	5,65	0,96	120,45	120,76	119,80
XA202G173	2004-2005	15	6,41	6,85	3,80	3,05	119,99	122,61	119,56
XA202G174	2002	11	13,92	14,61	13,06	1,55	119,34	120,20	118,65
XA202G174	2004-2005	1	6,38	-	-	-	126,88	-	-
XA202G175	2002	11	>27 m	>27 m	>27 m	-	-	-	-
EA202B176/A	2002	11	2,62	5,07	1,67	3,40	116,18	117,13	113,73
EA202B176/A	2004-2005	10	2,23	2,79	1,63	1,16	116,57	117,17	116,01
EA202B176/B	2002	11	13,57	15,01	11,70	3,31	105,23	107,10	103,79
EA202B176/B	2004-2005	10	12,24	14,34	10,83	3,51	106,56	107,97	104,46
XA202B177	2002	11	7,80	9,57	4,53	5,04	113,69	116,97	111,93

XA202B177	2004-2005	15	4,04	6,95	3,00	3,95	117,46	118,50	114,55
XA202B178	2002	11	6,99	9,50	3,70	5,80	112,03	115,32	109,52
XA202B178	2004-2005	15	5,76	8,83	3,01	5,82	113,26	116,01	110,19
XA202B179	2002	11	5,16	7,73	2,18	5,55	113,54	116,52	110,97
XA202B179	2004-2005	15	4,71	7,60	2,05	5,55	113,98	116,65	111,10
XA202B180	2002	11	7,56	9,40	4,70	4,70	112,57	115,42	110,72
XA202B180	2004-2005	16	6,27	8,13	3,62	4,51	113,86	116,50	111,99
XA202B181	2002	11	>15 m	>15 m	>15 m	-	-	-	-
XA202B181	2004-2005	16	13,99	16,09	7,00	9,09	112,21	119,20	110,11
XA202B182	2002	11	14,57	15,55	13,76	1,79	104,97	105,78	103,99
XA202B182	2004-2005	16	14,12	15,10	12,67	2,43	105,42	106,87	104,44
4SN033	2004-2005	13	0,59	1,03	0,00	1,03	118,40	118,99	117,96
4SN035	2005	1	6,97	6,97	6,97	-	119,71	119,71	119,71
4SC037/A	2004-2005	11	13,02	15,04	11,56	3,48	117,86	119,43	115,95
4SC037/B	2004-2005	11	14,60	16,46	13,47	2,99	116,99	117,34	114,53
4SC038/A	2004-2005	11	3,83	5,88	2,35	3,53	116,64	118,12	114,59
4SC038/B	2004-2005	11	5,61	7,62	4,31	3,31	114,86	116,16	112,85
S1GS	2004-2005	9	0,00	0,00	0,00	0,00	115,91	-	-
S2GS	2004-2005	11	7,41	8,72	6,79	1,93	124,55	123,18	124,25
S3GS	2004-2005	10	2,99	3,62	2,42	1,2	125,85	126,41	125,21
S4GS	2004-2005	9	11,58	13,39	9,99	3,40	110,72	112,31	108,91
S5GS	2004-2005	10	11,87	14,00	9,74	4,26	116,38	118,51	114,25
S6GS	2004-2005	10	2,15	4,06	0,82	3,24	113,29	114,62	111,38
S7GS	2004-2005	8	6,45	7,71	5,31	2,40	103,91	105,05	102,65
S8GS	2004-2005	8	14,49	15,03	14,10	0,93	109,34	109,73	108,80
S9GSDN	2004-2005	9	20,09	26,06	14,11	11,95	127,16	133,14	121,19

Tabella 2: Misure piezometriche acquisite nelle tre campagne di indagine.

Nella carta geologica-idrogeologica di dettaglio della Galleria sono stati ubicati solo i sondaggi più prossimi all'asse e sono mostrati i valori massimi rilevati della falda (Doc. A20200DE2F5GE0001019).



Ha costituito parte integrante dei dati di input anche il censimento dei punti d'acqua ubicati nel territorio di interesse.

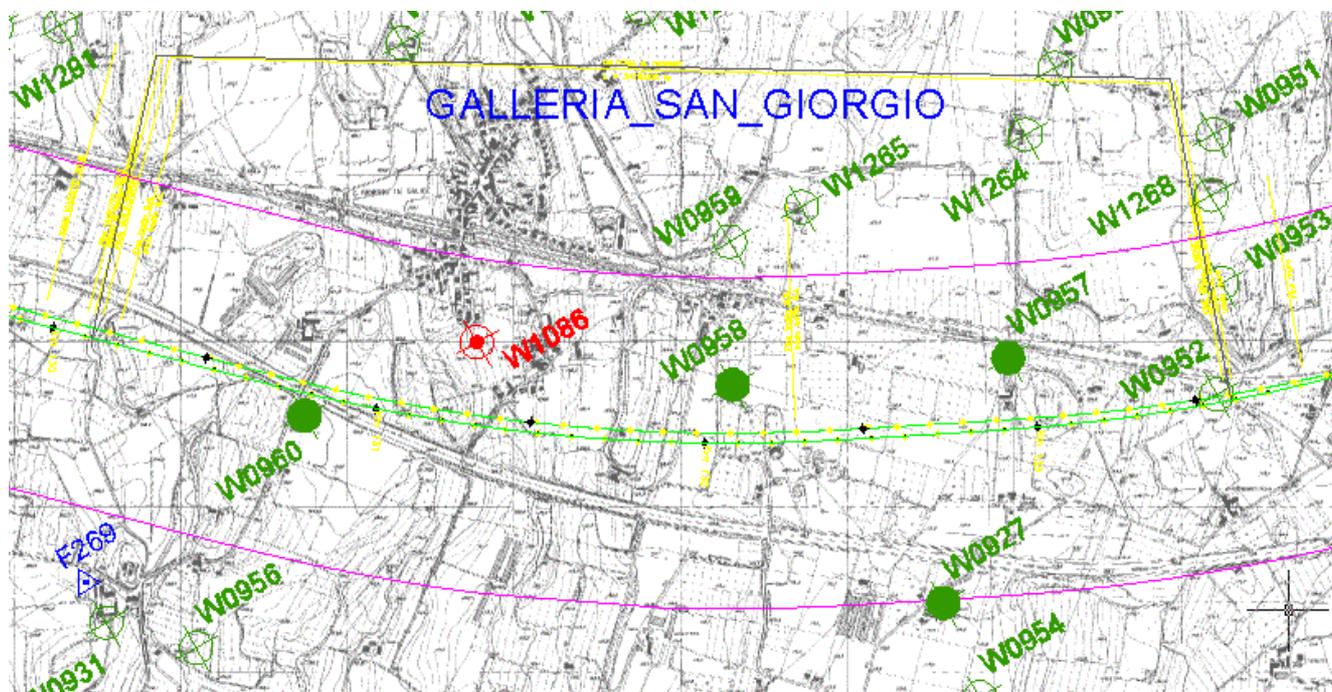


Figura 2: Censimento dei punti d'acqua.

Nel territorio interessato dallo scavo della Galleria San Giorgio, con riferimento alla fascia dei 500 m a cavallo della linea scelta come critica, sono ubicati 7 pozzi. Di questi solamente il W1086 è pubblico, anche se sfruttato a fini irrigui. Gli altri pozzi censiti (W0960, W0958, W0957, W0953, W0952 e W0927) sono privati.

4.2 Classi di permeabilità

Come anticipato nel capitolo precedente (cap. 3) le unità allostratigrafiche attraversate dall'opera in progetto sono i depositi glaciali, fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio (**Lsg**).

Su basi generali, ossia utilizzando tutti i dati prodotti nel corso della caratterizzazione idrogeologica della linea, si osserva una certa variabilità nei valori di conducibilità idraulica dei litotipi coinvolti, variabilità che deve essere messa in relazione all'intrinseca eterogeneità che caratterizza i depositi morenici.



La tabella 3 esplicita quanto appena detto.

UNITA' ALLOSTRATIGRAFICA	CONDUCIBILITA' IDRAULICA (m/s)	CLASSE DI PERMEABILITA'
<u>Allogruppo di Lonato e di San Giorgio</u> Depositi glaciali	$10^{-6} < k < 10^{-8}$	da media a bassa
<u>Allogruppo di Lonato e di San Giorgio</u> Depositi fluvioglaciali	$10^{-5} < k < 10^{-7}$	da media a bassa

Tabella 3: Unità allo stratigrafiche e loro conducibilità idraulica.

Tuttavia sulla base delle prove di conducibilità idraulica eseguite nel corso dei sondaggi è stato possibile osservare una certa omogeneità con valori di permeabilità compresi tra 10^{-6} m/s e 10^{-7} m/s (tab. 4).

Sondaggio	Profondità prova	Alloformazione di riferimento	Conducibilità idraulica (m/s)
S1GS	4,50-5,00	Pg	$9,06 \times 10^{-7}$
	9,50-10,00	Pg	$2,14 \times 10^{-7}$
	14,50-15,00	Pg	$7,92 \times 10^{-7}$
	19,50-20,00	Pg	$1,97 \times 10^{-7}$
S2GS	4,50-5,00	LSg glaciale	$2,17 \times 10^{-6}$
	9,50-10,00	LSg glaciale	$1,41 \times 10^{-6}$
	14,50-15,00	LSg glaciale	$1,17 \times 10^{-6}$
	19,50-20,00	LSg glaciale	$3,34 \times 10^{-6}$
S3GS	4,50-5,00	LSg fluvioglaciale	$1,96 \times 10^{-6}$
	9,50-10,00	LSg fluvioglaciale	$2,18 \times 10^{-6}$
	14,50-15,00	LSg fluvioglaciale	$1,87 \times 10^{-7}$
	19,50-20,00	LSg fluvioglaciale	$1,54 \times 10^{-7}$
S4GS	4,50-5,00	LSg glaciale	$1,85 \times 10^{-7}$

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001009Rev.
1Foglio
14di29

	9,50-10,00	LSg glaciale	1,05X10E-06
	15,00-15,50	LSg glaciale	2,02X10E-06
	19,50-20,00	LSg glaciale	2,56X10E-06
S5GS	4,50-5,00	LSg fluvioglaciale	6,89X10E-07
	9,50-10,00	LSg glaciale	2,22X10E-07
	14,50-15,00	LSg glaciale	9,38X10E-08
	19,50-20,00	LSg glaciale	2,05X10E-07
S6GS	4,50-5,00	LSg fluvioglaciale	2,06X10E-05
	10,00-10,50	LSg fluvioglaciale	8,48X10E-06
	14,50-15,00	LSg fluvioglaciale	1,21X10E-05
	20,50-21,00	LSg fluvioglaciale	1,47X10E-06
S7GS	6,50-7,00	LSg fluvioglaciale	1,90X10E-06
	13,50-14,00	LSg fluvioglaciale	2,10X10E-06
	20,50-21,00	LSg fluvioglaciale	1,03X10E-06
S8GS	4,50-5,00	LSg glaciale	8,49X10E-07
	9,50-10,00	LSg glaciale	1,70X10E-07
	14,50-15,00	LSg glaciale	1,23X10E-06
	19,50-20,00	LSg glaciale	1,12X10E-06
S9GSDN	7,00-7,50	LSg glaciale	7,17X10E-07
	13,50-14,00	LSg glaciale	5,72X10E-07
	20,50-21,00	LSg glaciale	5,60X10E-07
XA202B170	1,50-2,50	LSg fluvioglaciale	1,14X10E-06
	6,70-7,70	LSg glaciale	1,15X10E-06
	11,20-12,20	LSg glaciale	8,75X10E-08
AA202G171	3,00-4,00	LSg glaciale	1,48X10E-06
	9,00-10,00	LSg glaciale	2,62X10E-07
	14,50-15,50	LSg glaciale	2,27X10E-07
XA202G172	10,00-11,00	LSg fluvioglaciale	1,34X10E-06
	16,00-17,00	LSg glaciale	5,37X10E-06
	22,00-23,00	LSg glaciale	5,29X10E-06
XA202G173	8,00-9,00	LSg glaciale	6,82X10E-07
	16,00-17,00	LSg glaciale	4,17X10E-07

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001009Rev.
1Foglio
15di29

	21,90-22,40	LSg glaciale	1,58X10E-06
XA202G174	12,00-13,00	LSg glaciale	5,63X10E-07
	18,00-19,00	LSg glaciale	1,75X10E-06
	24,00-25,00	LSg glaciale	1,84X10E-06
XA202G175	11,00-12,00	LSg glaciale	3,02X10E-06
	17,00-18,00	LSg glaciale	5,37X10E-07
	23,00-24,00	LSg fluvioglaciale	4,05X10E-07
EA202B176	6,00-7,00	LSg glaciale	3,44X10E-08
	12,00-13,00	LSg glaciale	4,27X10E-07
	19,50-20,50	LSg glaciale	8,86X10E-06
XA202B177	1,30-2,30	LSg glaciale	8,34X10E-08
	6,00-7,00	LSg glaciale	2,58X10E-06
	12,00-13,00	LSg glaciale	7,09X10E-06
XA202B178	1,50-2,50	LSg fluvioglaciale	2,84X10E-06
	6,00-7,00	LSg fluvioglaciale	4,63X10E-06
	11,20-12,20	LSg fluvioglaciale	5,34X10E-05
XA202B179	1,50-2,50	LSg glaciale	5,91X10E-06
	6,50-7,50	LSg glaciale	2,84X10E-06
	11,00-12,00	LSg glaciale	1,13X10E-06
XA202B180	2,90-3,90	LSg glaciale	3,73X10E-06
	7,00-8,00	LSg glaciale	2,09X10E-07
	12,00-13,00	LSg glaciale	4,01X10E-06
4SS034	10,00-11,00	LSg glaciale	3,6X10E-6
	18,00-19,00	LSg glaciale	4,3X10E-6
	21,00-22,00	LSg glaciale	3,7X10E-6
4SN035	15,00-16,00	LSg glaciale	1,9X10-6
	22,5-23,50	LSg glaciale	2,3X10-6
	27,00-28,00	LSg glaciale	1,7X10-6
4SB036	11.5	LSg glaciale	1,56E-07
4SC037	4.5	LSg glaciale	1,18E-06
	9.5	LSg glaciale	7,83E-07
	14.5	LSg glaciale	6,37E-07

4SC038	5.5	LSg fluvioglaciale	4.02E-05
	13.5	LSg glaciale	8.44E-06
	19.5	LSg fluvioglaciale	9.73E-06
4SN033	4.5	LSg glaciale	8.85E-07

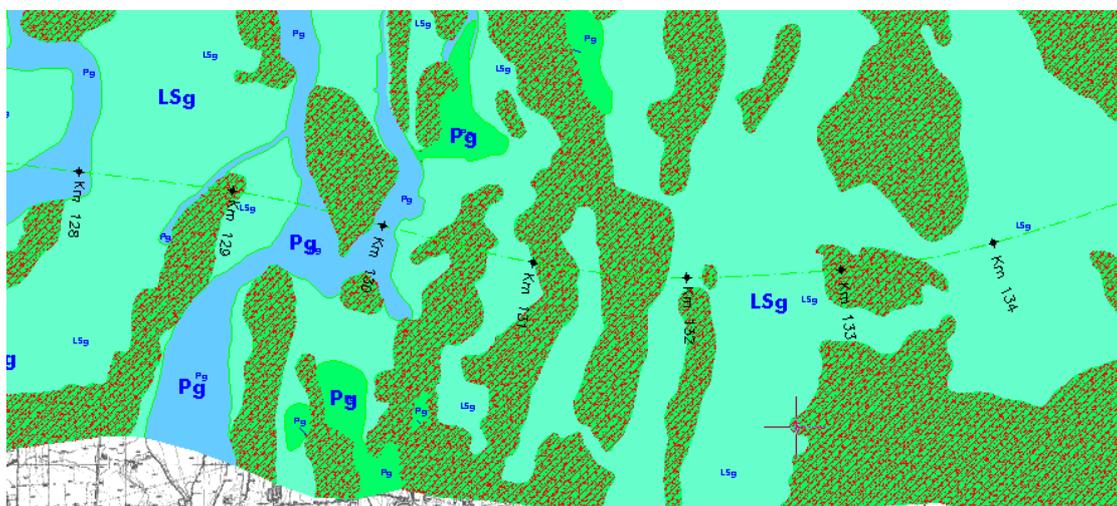
Tabella 4: Valori di conducibilità idraulica registrati dalle prove Lefranc.

Come ulteriore approfondimento si forniscono i valori statistici relativi all'intera distribuzione di valori di conducibilità idraulica eseguiti, in foro di sondaggio, nel territorio interessato dallo scavo della Galleria San Giorgio.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
1.56E-05	1.17E-06	5.34E-05	3.44E-08	1.05E-04

Tabella 5: Valori di conducibilità idraulica misurati, elaborazioni statistiche.

La Carta della Permeabilità Superficiale alla scala 1:10000 (doc. rif. IN0500DE2N4GE0002001÷14) predisposta nell'ambito del Progetto Definitivo illustra a livello territoriale quanto ora detto. Nella figura che segue (fig. 3) viene proposto uno stralcio di detta cartografia.



-  Permeabilità alta (Classe I, $k > 10^{-3}$ m/s)
-  Permeabilità media (Classe II-III, 10^{-3} m/s $< k < 10^{-5}$ m/s)
-  Permeabilità medio-bassa (Classe III-IV, 10^{-5} m/s $< k < 10^{-7}$ m/s)
-  Permeabilità bassa (Classe IV-V, 10^{-7} m/s $< k < 10^{-9}$ m/s)
-  Terreni con valori di alta permeabilità all'interno della classe di appartenenza
-  Depositi glaciali

Figura 3: Carta della permeabilità superficiale, stralcio.

4.3 Andamento della Falda

I piezometri realizzati nella campagna d'indagine 2001-2002 ed utilizzati per ricostruire l'andamento della falda nella zona interessata dalla Galleria in oggetto sono 13. Di questi piezometri sono state eseguite letture piezometriche con cadenza ca. bisettimanale dal marzo del 2002 all'agosto del 2002.

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 3.06 metri.
- L'escursione piezometrica massima è stata di 5.80 m (XA202B178).
- L'escursione piezometrica minima è stata di 0.82 m (XA202G171).
- La soggiacenza media è valutabile in 7.16 metri al di sotto del piano campagna.
- La quota (m s.l.m.) della falda si mantiene su valori compresi tra i 99.78 m s.l.m. (XA202B170) e i 124.76 m s.l.m (XA202G172).

- Le considerazioni fatte, è necessario ricordare, sono relative all'intervallo tempo (6 mesi) durante il quale sono state eseguite le misure.

Per tali piezometri sono state eseguite ulteriori letture con cadenza circa mensile da gennaio 2004 ad aprile 2005.

Nel corso della campagna d'indagine 2004, infine, sono stati realizzati 12 nuovi piezometri; le letture piezometriche sono state generalmente eseguite con cadenza circa mensile a partire dal mese di giugno 2004 fino ad Agosto 2005.

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 5.84 metri.
- L'escursione piezometrica massima è stata di 26.06 m (S9GSDN).
- L'escursione piezometrica minima è stata di 0.00 m (S1GS).
- La soggiacenza media è valutabile in 7.11 metri al di sotto del piano campagna.
- La quota (m s.l.m.) della falda si mantiene su valori compresi tra i 104.44 (XA202B182) m s.l.m. e i 133.14 m s.l.m (S9GSDN).

Nel Luglio 2005 sono stati eseguiti ulteriori 4 sondaggi (2 a c.c. e 2 a d.n.) di cui uno 4SN035 attrezzato con piezometro T.A. (si veda allegato1).

Sulla base dei dati raccolti e rielaborati nei paragrafi precedenti, è stato possibile ricostruire un profilo longitudinale, in scala 1:5000/1:500, con l'andamento della piezometrica del territorio interessato dallo scavo della Galleria San Giorgio (doc. rif.: IN0500DE2F5GE0001019).

Per ognuno dei piezometri utilizzati per l'elaborazione del profilo longitudinale con l'andamento della piezometrica, si è scelto cautelativamente di inserire il valore di soggiacenza minima registrato nelle varie campagne di misura. Questa scelta è determinata dalla necessità di valutare i massimi carichi idraulici potenzialmente gravanti sulle opere in progetto.

In sintesi i dati piezometrici a disposizione sembrano indicare l'esistenza di un unico sistema acquifero, con una quota del livello di falda variabile tra gli 85 m s.l.m. circa e i 125 m s.l.m. circa.

All'imbocco occidentale della Galleria San Giorgio la superficie piezometrica, rilevata 10 m circa al di sopra della quota di progetto, segue l'andamento della topografia, digradando verso Ovest, verso la vicina piana fluvio-glaciale.



Spostandosi verso est il livello piezometrico rimane piuttosto regolare fino alla pk indicativa 131+520; quindi subisce un abbassamento di circa 7 m, mantenendo poi un andamento regolare, a quote comprese tra 114 e 117 m s.l.m., fino a circa pk 132+990.

Procedendo ad est, nel profilo idrogeologico la falda tende ulteriormente ad abbassarsi fino a raggiungere ca. 7m sotto la quota di progetto.

4.4 Considerazioni conclusive

Sulla base delle considerazioni illustrate nei paragrafi precedenti è possibile concludere, relativamente all'aspetto idrogeologico dell'area, quanto segue:

- è presente un unico sistema acquifero;
- il livello piezometrico medio si mantiene, quindi, su valori compresi tra i 125 e gli 85 metri sul livello del mare;
- il vicino Lago di Garda e il Fiume Mincio, elementi drenanti, tendono a richiamare le linee di flusso idrico sotterraneo;
- all'alto topografico di San Giorgio, corrisponde anche un alto nella superficie piezometrica del Primo Acquifero.

Nello schema che segue (fig. 4) viene presentato l'andamento regionale del Primo Acquifero.

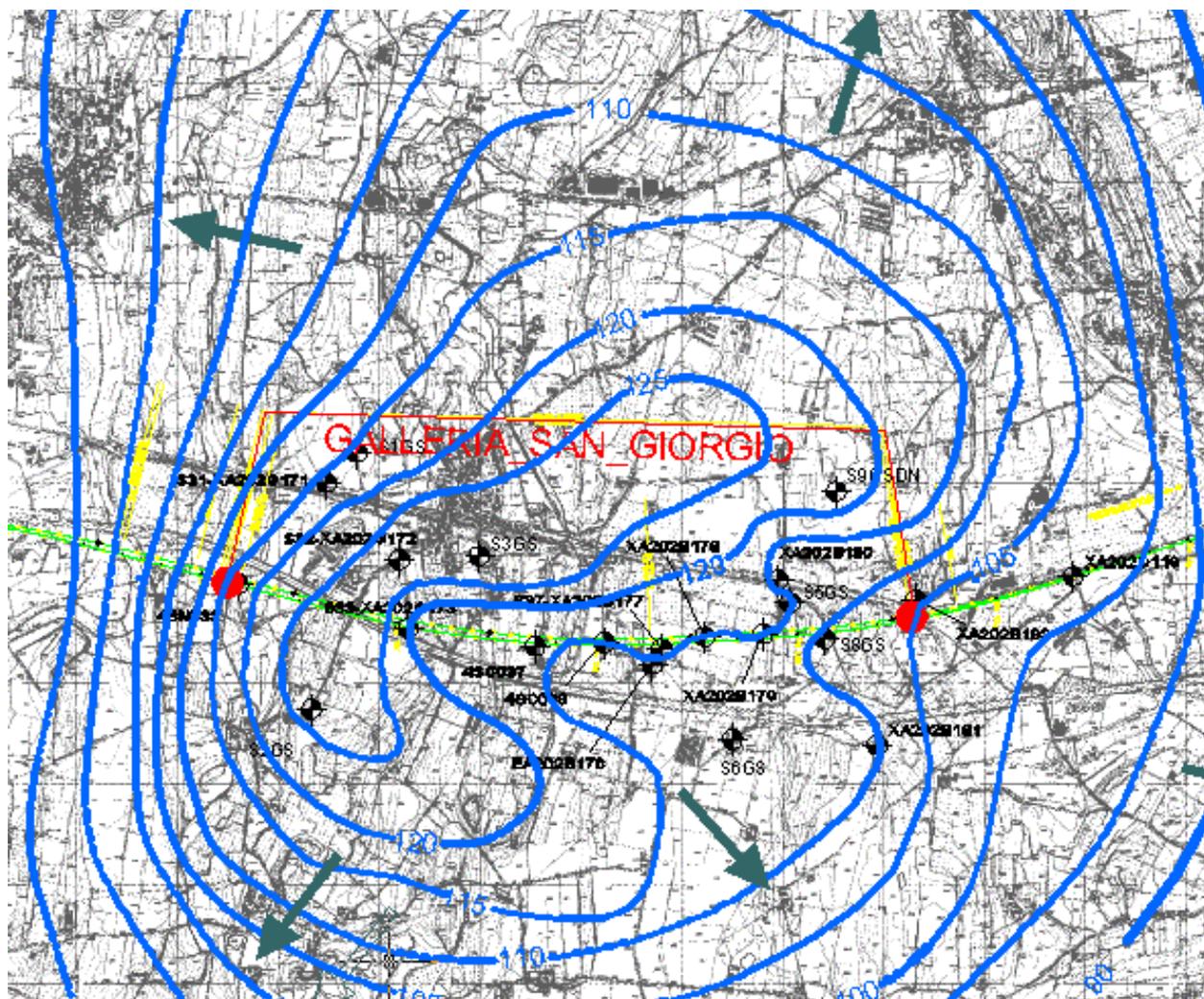


Figura 4: Andamento regionale della falda nel territorio interessato dallo scavo della Galleria San Giorgio.

Le linee di flusso si orientano, in generale, da Est verso Ovest, venendo richiamate dall'azione drenante esercitata dal Lago di Garda e dal Fiume Mincio. La Galleria San Giorgio si colloca, in buona approssimazione, in una zona di *alto piezometrico*: a sud della stessa le linee di flusso si orientano da ENE a OSO; a nord, invece, le linee di flusso sono orientate verso NNO.



5. APPROFONDIMENTI

Per meglio definire le caratteristiche degli acquiferi coinvolti dallo scavo della Galleria San Giorgio, è stata programmata ed eseguita una campagna di analisi e di studio per la determinazione delle principali proprietà chimico-fisiche delle acque profonde in circolazione in questi settori. La definizione delle proprietà chimico-fisiche, si rende necessaria, come strumento per la descrizione della dinamica delle acque in circolazione sotterranea.

La descrizione chimico-fisica delle acque è stata raggiunta mediante l'analisi di questi parametri:

- **temperatura dell'acqua e dell'aria:** è determinata con un termometro digitale, l'unità di misura sono i gradi centigradi ($^{\circ}\text{C}$), l'accuratezza dello strumento è di $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$.
- **il pH:** è determinato con un pHmetro, è espresso da un numero puro e lo strumento presenta un'accuratezza di ± 0.01 .
- **il potenziale Redox:** è determinato con un analizzatore, l'unità di misura è il millivolt (mV), l'accuratezza dello strumento è ± 0.2 mV.
- **la conducibilità elettrica:** è determinata con un conduttimetro, l'unità di misura è il $\mu\text{S}/\text{cm}$, l'accuratezza è dello 0.1 %.
- **l'ossigeno disciolto:** è determinata con un ossimetro, l'unità di misura è il mg/l, l'accuratezza è del 1.5%.

Nella tabella che segue (tab. 6) sono presentate le misure eseguite nel mese di giugno 2004.

Sigla	Soggiacenza	T aria $^{\circ}\text{C}$	T acqua $^{\circ}\text{C}$	pH	Redox mV	Conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ossigeno disciolto mg/l
S1GS	emergente	28	15,60	7,22	-47	872	1,14
S2GS	7,22	23	17,20	7,07	112	863	3,82
S3GS	2,52	23	16,10	6,86	-50	1130	1,02
S4GS	8,52	23	16,40	7,14	87	821	3,03
S5GS	10,33	24	16,00	7,30	-52	1054	2,62
S6GS	0,9	24	17,60	7,28	209	683	5,71
S7GS	5,54	26	15,10	7,18	43	800	4,21
S8GS	6,28	25	17,10	7,6	30	1314	3,53
S9GS	25,5	27	18,50	7,43	68	2650	3,56

Tabella 6: Parametri chimico - fisici misurati nei piezometri di controllo.

I diagrammi che seguono (fig. 5) sintetizzano questi concetti.

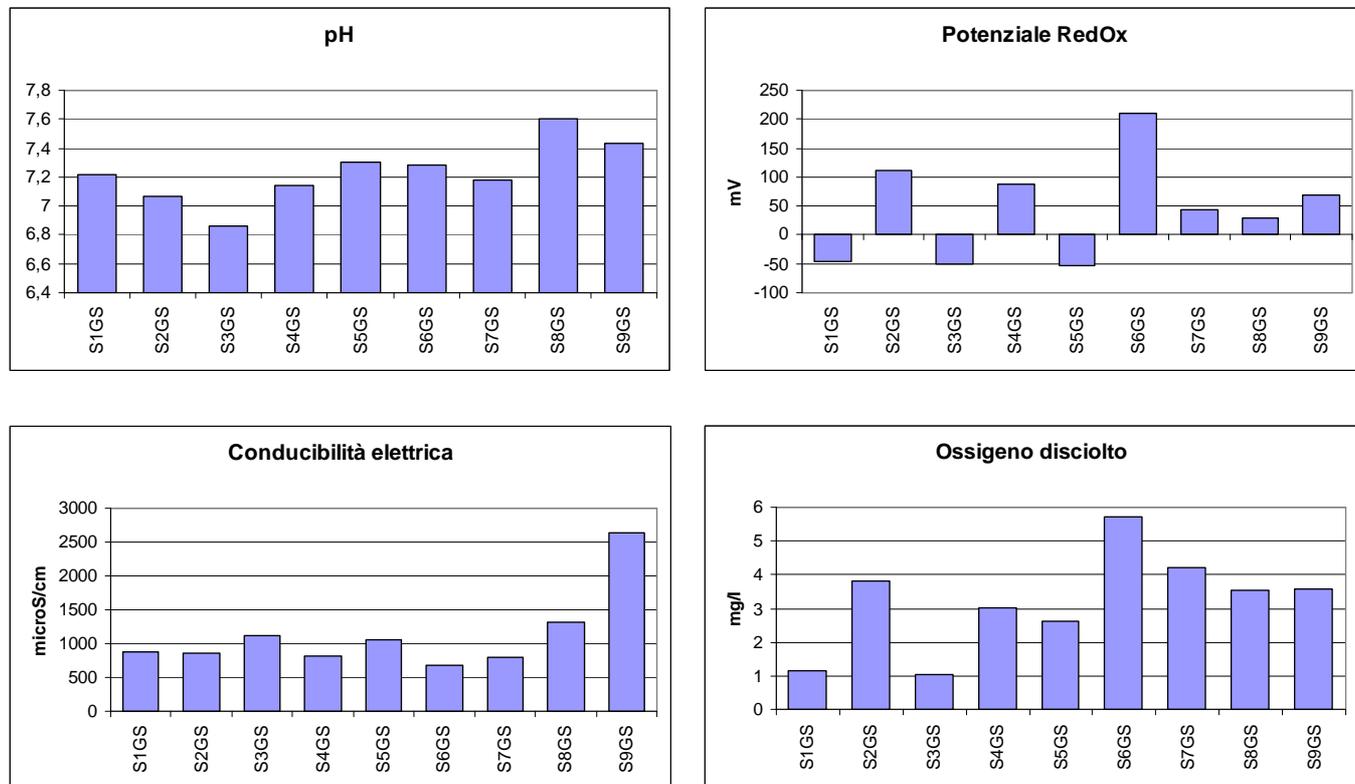


Figura 5: Distribuzione dei parametri chimico – fisici acquisiti.

La qualità delle acque monitorate, in buona approssimazione, sembra distribuirsi su valori relativamente omogenei. Ad eccezione di pochi valori in leggero disaccordo con il trend medio riconosciuto; infatti, l'analisi delle misure eseguite sembra confermare l'esistenza di un unico sistema acquifero.

Sono i bassi valori di ossigeno disciolto e di potenziale RedOx misurati nei piezometri S3GS e S5GS, in particolare, a discostarsi dal trend medio riconosciuto per le acque monitorate in questi settori. Non si esclude la possibilità che tali valori rappresentino perturbazioni locali nella qualità delle acque stesse (di possibile origine antropica).

L'elevata conducibilità elettrica registrata per le acque campionate nel S9GS sarebbe legata all'abbondante presenza nello stesso di materiale fine in sospensione (non del tutto eliminato neanche a seguito di uno spurgo prolungato nel tempo).

6. BILANCIO IDROLOGICO

I dati pluviometrici e termometrici da utilizzare per la formulazione del bilancio idrologico in oggetto, fanno riferimento alle registrazioni ottenute dalla stazione meteorologica di Peschiera del Garda. Questi, già rielaborati nella Relazione Idrogeologica (doc. rif. A20200DE2RGGE0002001) allegata al Progetto Definitivo, vengono di seguito richiamati in modo sintetico.

Stazione meteorologica di Peschiera del Garda	
Precipitazione media annua (mm/anno)	778,9
Precipitazione annua minima (mm/anno)	323
Precipitazione annua massima (mm/anno)	1387
Mese mediamente più piovoso	maggio, con 85.7 mm/mese
Mese mediamente meno piovoso	febbraio, con 47.2 mm/mese
Temperatura media annua (°C)	13,6
Mese mediamente più freddo	gennaio, con 3,0 °C
Mese mediamente più caldo	luglio, con 24°C

Tabella 7: Sintesi dei principali parametri pluvio - termometrici relativi alla stazione di Peschiera del Garda, e riferiti al periodo di tempo 1921-1986.

Il bilancio idrologico di un bacino è riassunto, in sintesi, dalla relazione (6.1):

$$P = E_{TR} + Q_P + I_P \quad (6.1)$$

dove:

P = precipitazioni

E_{TR} = evapotraspirazione

Q_P = ruscellamento superficiale potenziale

I_P = infiltrazione potenziale

Dal valore di infiltrazione potenziale I_P così ottenuto è possibile, nota la quantità d'acqua che si perde dai pozzi, dalle sorgenti e dai fontanili presenti sul territorio, quantificare l'acqua che rimane a disposizione per le riserve idriche profonde.

Per il calcolo dell'Evapotraspirazione E_{TR} è possibile adottare due differenti procedure.

1) Calcolo dell'evapotraspirazione, metodo di **Coutagne (1956)**

Per il calcolo dell'evapotraspirazione reale si applica la relazione:

$$E_{TR} = P - \lambda P^2 \quad (6.2)^1$$

dove:

E_{TR} = evapotraspirazione reale (m/a)

P = precipitazioni (m/a)

$\lambda = 1 / (0.8 + 0.14 T)$

T = temperatura media annua (°C)

I valori mensili di evapotraspirazione ottenuti per l'area in esame, sono riassunti nella tabella seguente (tab. 8).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
P (m/mese)	0,0505	0,0472	0,0574	0,0667	0,0857	0,0725	0,0617	0,066	0,0645	0,0767	0,0776	0,0543	0,78
T (°C)	3	4,9	8,9	13,2	17,3	21,4	24	23,3	19,8	14,4	8,7	4,3	
λ	0,82	0,67	0,49	0,38	0,31	0,26	0,24	0,25	0,28	0,36	0,50	0,71	
E_{tr} (m/mese)	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,05	0,76
E_{tr} (mm/mese)	48,41	45,70	55,79	65,02	83,42	71,12	60,78	64,93	63,34	74,61	74,62	52,20	759,93

Tabella 8: Valori di evapotraspirazione mensile ed annua (metodo di Coutagne).

Applicando la formula di Coutagne, quindi, si ottiene un valore di evapotraspirazione reale di:

$$E_{TR} = 759,93 \text{ mm/anno}$$

2) Calcolo dell'evapotraspirazione, metodo di **Turc (1954)**

Per il calcolo dell'evapotraspirazione reale si applica la relazione:

$$E_{TR} = P / \sqrt{0,9 + (P^2 / L^2)} \quad (6.3)$$

dove:

E_{TR} = evapotraspirazione reale (mm/a)

P = precipitazioni (mm/a)

¹ Formula di Coutagne, valida solo se $1/8 \lambda < P < 1/\lambda$

$$L = 300 + 25T_i + 0.05T_i^3$$

T_i = temperatura media dell' i-esimo mese

I valori mensili di evapotraspirazione ottenuti per l'area in esame, sono riassunti nella tabella seguente (tab. 9).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
P (mm/mese)	50,5	47,2	57,4	66,7	85,7	72,5	61,7	66	64,5	76,7	77,6	54,3	780,80
T (°C)	3	4,9	8,9	13,2	17,3	21,4	24	23,3	19,8	14,4	8,7	4,3	
L	376,35	428,38	557,75	745,00	991,39	1325	1591,2	1514,9	1183,1	809,3	550,43	411,48	
E_{tr} (mm/mese)	52,71	49,42	60,15	70,00	89,96	76,29	64,98	69,50	67,88	80,45	80,91	56,69	818,94

Tabella 9: Valori di evapotraspirazione mensile ed annua (metodo di Turc).

Il valore annuo di evapotraspirazione reale **E_{TR}** così ottenuto, in realtà, non tenendo conto di numerosi parametri (umidità del suolo, tipo di copertura etc), tende a sovrastimare il reale valore di **E_{TR}**.

E' stato dimostrato, infatti, che il tasso di evapotraspirazione, a parità di condizioni pedologiche e climatiche, dipende dal grado di umidità esistente al suolo, ovvero dalle precipitazioni. Sulla base di queste considerazioni, nella formula di Turc proposta (6.3), la temperatura media dell'aria viene corretta in funzione della piovosità.

Il valore di *temperatura corretta* è dato dalla:

$$T_c = (\sum P_i \times T_i) / \sum P_i$$

dove:

P_i = precipitazione media dell' i-esimo mese

T_i = temperatura media dell' i-esimo mese

Introducendo questo valore nella formula per il calcolo del parametro "L" ($L = 300 + 25T_c + 0.05T_c^3$) e nella (6.3), si ottiene un valore di evapotraspirazione reale corretta di:

$$E_{TR} = 573,6 \text{ mm/anno}$$



L'evapotraspirazione rappresenta, con le debite approssimazioni, il quantitativo d'acqua in uscita da un sistema idrologico. A favore di sicurezza, si è scelto di considerare come maggiormente attendibile il valore di E_{TR} corretta ottenuto applicando il metodo di Turc ($E_{TR} = 573,6$ mm/anno).

Il bilancio idrologico del bacino di interesse, quindi, si ottiene dalla:

$$P = E_{TR} + Q_P + I_P$$

dove:

P = precipitazione media annua (778,9 mm/anno)

E_{TR} = evapotraspirazione (573,6 mm/anno)

Q_P = ruscellamento superficiale potenziale

I_P = infiltrazione potenziale

Il quantitativo d'acqua effettivamente a disposizione per l'area di interesse, quindi, si ottiene sottraendo il valore di evapotraspirazione reale dal contributo fornito dalle precipitazioni:

$$Q_P + I_P = P - E_{TR}$$

$$Q_P + I_P = 205,3 \text{ mm/anno} = D \text{ (deflusso idrico totale)}$$

Di questo quantitativo, una parte sarà persa per ruscellamento superficiale (Q_P), il rimanente (I_P) andrà effettivamente ad alimentare le riserve idriche sotterranee.

$$I_P = P - E_{TR} - Q_P \quad (6.4)$$

Non potendo quantificare il reale quantitativo d'acqua perso per ruscellamento superficiale, il quantitativo di acqua I_P stimato per la circolazione idrica profonda e, quindi, per le probabili venute d'acqua nell'asse della galleria in progetto si ottiene dalla:

$$I_P = \text{c.i.p. (\%)} \times D / 100 \quad (6.5)$$

dove:

c.i.p. (%)=coefficiente di infiltrazione potenziale (ricavato da Celico, 1988)

D = deflusso idrico totale

Per il calcolo del coefficiente di infiltrazione potenziale, è stato necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- la distribuzione della permeabilità superficiale;
- l'uso del suolo;
- l'acclività dei versanti interessati.

In particolare, nella scelta dei valori da assegnare, si è tenuto conto dei seguenti aspetti:

- ad una permeabilità superficiale maggiore corrisponde un coefficiente di infiltrazione potenziale maggiore;
- ad un'acclività maggiore corrisponde un coefficiente di infiltrazione potenziale minore;
- le coperture che limitano l'infiltrazione delle acque nel suolo sono il prato e il bosco (in grado di intercettare la maggior parte delle acque in precipitazione meteorica).

Per i terreni affioranti nell'area in oggetto si è scelto (sulla base di quanto introdotto da Celico, 1988), un coefficiente di infiltrazione potenziale c.i.p. del 70% (valore da considerarsi a totale favore di sicurezza).

Introducendo questo valore nella (6.5), si ottiene un valore di infiltrazione potenziale I_p di:

$$I_p = 143,71 \text{ mm/anno}$$

Il valore di infiltrazione potenziale così ottenuto dovrebbe rappresentare il quantitativo d'acqua a disposizione per la circolazione idrica profonda. Da questo valore, in

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001009

Rev.
1

Foglio
28di29

realtà, è necessario sottrarre il quantitativo d'acqua emunto dai numerosi pozzi presenti sul territorio in esame, dalle sorgenti, dai fontanili e da tutte le altre captazioni qui attive.

Non potendo quantificare le reali portate perse per emungimento, il valore di infiltrazione potenziale così ottenuto non può che sovrastimare il reale quantitativo d'acqua a disposizione per la circolazione idrica profonda.



7. CONSIDERAZIONI SUGLI IMPATTI E POSSIBILI MITIGAZIONI

Come dettagliatamente descritto nel paragrafo 4.3 la Galleria San Giorgio, prevista in naturale per buona tratta, risulta quasi costantemente al di sotto della superficie piezometrica rilevata in questi settori. Il **carico idraulico** gravante sulle opere in progetto (con riferimento alla quota della livelletta), rimane costantemente maggiore ai 5 metri, con picchi massimi stimabili nell'ordine dei 20 metri (ca. pk 131+523).

Risulta evidente, alla luce di quanto descritto, la capacità di un sistema così rappresentato di comportarsi, nella sostanza, come un **elemento drenante**, potenzialmente in grado di depauperare le riserve idriche sotterranee e di modificare, almeno in parte, la normale circolazione idrica profonda.

In merito a questa problematica, sarà necessario prevedere l'adozione di opportune soluzioni progettuali, atte a ridurre al minimo il drenaggio della falda.

Le acque intercettate andranno smaltite con un **sistema drenante** adeguatamente dimensionato ed, all'occorrenza, riutilizzate per compensare l'eventuale impoverimento indotto nelle portate delle emergenze idriche attualmente utilizzate.

Lo spessore e le caratteristiche geometriche dell'acquifero interessato, in realtà, sembrano tali da garantire una buona continuità nella circolazione idrica profonda anche dopo la messa in opera del progetto.

Il problema, almeno in via teorica, è quello relativo ad un possibile **inquinamento** delle acque di falda durante la realizzazione del progetto. Il grado di permeabilità dell'acquifero, in relazione alla sua soggiacenza relativamente ridotta, rappresentano, infatti, una difesa insufficiente verso l'azione di potenziali inquinanti. Sarà necessario prevedere, in fase progettuale, tutte le soluzioni necessarie per evitare, in fase di avanzamento, la dispersione in falda di sostanze potenzialmente inquinanti (miscele addittivanti, olii, idrocarburi etc).

Il presente studio è stato redatto con la collaborazione scientifica e la supervisione del Prof. Giovanni Pietro Beretta, Università degli Studi di Milano.