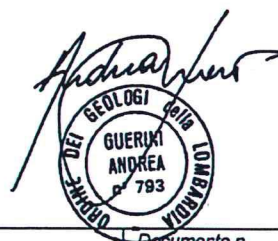


Consorzio Cepav Due

Aggiornamento studio idrogeologico e studio idrochimico

LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA
TRATTA MILANO-VERONA
LOTTO FUNZIONALE
BRESCIA-VERONA



Preparato da: S. Manera, A. Grava NCE M. Baldini SINGEA	Rivisto/approvato da: A. Guerini NCE G. Poli SINGEA L. Formentini INDAM	Data: Settembre 2020	Documento n. R1.02-20-033 Revisione: 2 Emissione: per Enti
--	---	--------------------------------	--

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	1
1.1. Struttura del documento	3
1.2. Documenti di Progetto	4
1. STUDIO IDROGEOLOGICO.....	7
1.1. Introduzione.....	7
1.2. Metodologia di lavoro.....	7
1.3. Inquadramenti geologico-strutturale, geomorfologico e idrogeologico.....	8
1.3.1. Inquadramento geologico-strutturale	8
1.3.2. Inquadramento geomorfologico	14
1.3.3. Inquadramento idrogeologico.....	15
1.4. Dati piezometrici.....	17
1.5. Modello idrogeologico del sottosuolo	19
1.5.1. Modello concettuale del sottosuolo.....	19
1.5.2. Assetto idrogeologico dell'area	21
1.5.3. Validazione del modello.....	29
1.5.4. Considerazioni conclusive sul modello idrogeologico.....	30
1.6. Considerazioni sulla rete di monitoraggio ambientale.....	30
1.6.1. Definizione della rete di monitoraggio e classificazione degli stumenti	30
1.6.2. Tempi di deflusso delle acque sotterranee.....	50
2. CONCLUSIONI	53
1. STUDIO IDROCHIMICO	55
1.1. Introduzione.....	55
1.2. Metodologia applicata.....	55
1.2.1. Cenni teorici alle elaborazioni degli ioni maggiori	56

2. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI – REGIONE LOMBARDIA 59

2.1.	AV-DE-SO-01 (Valle), AV-DE-SO-02 (Valle) e AV-DE-SO-03 (Monte).....	59
2.1.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	59
2.1.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	61
2.1.3.	Stato di contaminazione	65
2.2.	AV-CA-SO-14 (monte) e AV-CA-SO-15 (valle)	67
2.2.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	67
2.2.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	68
2.3.	Stato di contaminazione	72
2.4.	AV-CA-SO-16 (n.d.) e AV-CA-SO-17 (n.d.).....	73
2.4.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	73
2.4.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	75
2.4.3.	Stato di contaminazione	79
2.5.	AV-LO-SO-18 (monte) e AV-CA-SO-19 (valle)	80
2.5.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	80
2.5.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	82
2.5.3.	Stato di contaminazione	85
2.6.	AV-LO-SO-20 (n.d.) e AV-LO-SO-21 (n.d.)	86
2.6.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	86
2.6.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	88
2.6.3.	Stato di contaminazione	92
2.7.	AV-LO-SO-22 (n.d.) e AV-LO-SO-23 (n.d.)	94
2.7.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	94
2.7.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	96
2.7.3.	Stato di contaminazione	99

2.8.	AV-DE-SO-24 (n.d.) e AV-DE-SO-25 (n.d.).....	100
2.8.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	100
2.8.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	102
2.8.3.	Stato di contaminazione	106
2.9.	AV-DE-SO-26 (n.d.) e AV-DE-SO-27 (n.d.).....	107
2.9.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	107
2.9.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	109
2.9.3.	Stato di contaminazione	113
2.10.	AV-DE-SO-28 (monte) e AV-DE-SO-29 (valle).....	114
2.10.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	114
2.10.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	116
2.10.3.	Stato di contaminazione	120
2.11.	AV-DE-SO-30 (n.d.) e AV-DE-SO-31 (n.d.).....	121
2.11.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	121
2.11.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	123
2.11.3.	Stato di contaminazione	127
2.12.	AV-DE-SO-32 (monte) e AV-DE-SO-33 (valle).....	128
2.12.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	128
2.12.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	130
2.12.3.	Stato di contaminazione	134
2.13.	AV-DE-SO-34 (n.d.) e AV-PZ-SO-35 (n.d.)	135
2.13.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	135
2.13.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	137
2.13.3.	Stato di contaminazione	141
2.14.	AV-MZ-SO-58 (n.d.) e AV-MZ-SO-59 (n.d.)	142

2.14.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	142
2.14.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	143
2.14.3. Stato di contaminazione	147
2.15. AV-CA-SO-60 (n.d.) e AV-CA-SO-61 (n.d.).....	149
2.15.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	149
2.15.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	150
2.15.3. Stato di contaminazione	153
2.16. AV-LO-SO-62_SUP (n.d.) e AV-LO-SO-63_SUP (n.d.)	154
2.16.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	154
2.16.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	155
2.16.3. Stato di contaminazione	159
2.17. AV-LO-SO-62_PROF (n.d.) e AV-LO-SO-63_PROF (n.d.).....	160
2.17.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	160
2.17.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	161
2.17.3. Stato di contaminazione	165
3. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI – REGIONE VENETO	167
3.1. AV-PE-SO-04 (n.d.), AV-PE-SO-05 (n.d.), AV-PE-SO-09 (n.d.) e AV-PE-SO-57 (n.d.) 167	
3.1.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	167
3.1.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	169
3.1.3. Stato di contaminazione	174
3.2. AV-PE-SO-06 (n.d.), AV-PE-SO-07 (n.d.), AV-PE-SO-08 (n.d.) e AV-PE-SO-40 (n.d.) 176	
3.2.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	176
3.2.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	178
3.2.3. Stato di contaminazione	184

3.3.	AV-SO-SO-10 (n.d.) e AV-SO-SO-11 (n.d.)	186
3.3.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	186
3.3.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	188
3.3.3.	Stato di contaminazione	192
3.4.	AV-SO-SO-12 (n.d.) e AV-SO-SO-13 (n.d.)	193
3.4.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	193
3.4.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	195
3.4.3.	Stato di contaminazione	198
3.5.	AV-PE-SO-36_PROF (monte) e AV-PZ-SO-37_PROF (valle)	199
3.5.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	199
3.5.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	201
3.5.3.	Stato di contaminazione	204
3.6.	AV-PZ-SO-37_SUP (Monte) e AV-PE-SO-36_SUP (Valle)	206
3.6.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	206
3.6.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	208
3.6.3.	Stato di contaminazione	211
3.7.	AV-PE-SO-38 (monte) e AV-PE-SO-39 (valle).....	212
3.7.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	212
3.7.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	214
3.7.3.	Stato di contaminazione	218
3.8.	AV-PE-SO-41 (n.d.) e AV-PE-SO-42 (n.d.)	219
3.8.1.	Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	219
3.8.2.	Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	221
3.8.3.	Stato di contaminazione	225
3.9.	AV-CN-SO-43 (n.d.) e AV-CN-SO-44 (n.d.)	227

3.9.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	227
3.9.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	229
3.9.3. Stato di contaminazione	232
3.10. AV-CN-SO-45 (monte) e AV-CN-SO-46 (valle).....	234
3.10.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	234
3.10.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	236
3.10.3. Stato di contaminazione	240
3.11. AV-CN-SO-47 (n.d.) e AV-CN-SO-48 (n.d.)	241
3.11.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	241
3.11.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	243
3.11.3. Stato di contaminazione	247
3.12. AV-SO-SO-49 (n.d.) e AV-SO-SO-50 (n.d.)	248
3.12.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	248
3.12.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	250
3.12.3. Stato di contaminazione	254
3.13. AV-SO-SO-51 (n.d.) e AV-SO-SO-52 (n.d.)	256
3.13.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	256
3.13.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	258
3.13.3. Stato di contaminazione	262
3.14. AV-SM-SO-53 (n.d.) e AV-SM-SO-54 (n.d.)	263
3.14.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	263
3.14.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	265
3.14.3. Stato di contaminazione	269
3.15. AV-SO-SO-55 (n.d.) e AV-SM-SO-56 (n.d.)	270
3.15.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle	270

3.15.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies.....	272
3.15.3. Stato di contaminazione	276
4. CONCLUSIONI	277
4.1. Riepilogo risultati – Piezometri Regione Lombardia.....	277
4.2. Riepilogo risultati – Piezometri Regione Veneto.....	283
1. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	290
ALLEGATI.....	I

1. INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto dall'A.T.I. costituito da Indam Laboratori S.r.l. (Groupe CARSO), S.In.Ge.A. S.r.l. e NCE S.r.l. su incarico del Consorzio ENI per l'Alta Velocità Cepav Due.

Nella relazione sono sintetizzati i risultati dello studio idrogeologico e dello studio idochimico eseguiti a supporto del piano di monitoraggio ambientale (PMA) delle falde acquifere presenti nell'area interessata dalla realizzazione della nuova linea ferroviaria A.V./A.C. Torino-Venezia-Tratta Milano-Verona–Lotto funzionale Brescia-Verona.

I due studi di cui sopra sono stati eseguiti al fine di verificare i rapporti fra le acque sotterranee monitorate dalla rete piezometrica di controllo - condivisa con ARPA e ARPAV - realizzata nel corso del 2017-2018 (integrazione imbocco TBM GI03 nel 2019) nelle aree limitrofe al nuovo tracciato in progetto e, di conseguenza, definire quali strumenti di monitoraggio possono essere utilizzati in coppia (monte-valle) o come punti singoli per la valutazione di eventuali interazioni fra le lavorazioni necessarie alla realizzazione dell'opera e le falde acquifere durante fasi Ante-Operam, in Corso d'Opera e Post-Operam.

In particolare, la rete di monitoraggio piezometrica è costituita da n.69 piezometri a tubo aperto, di profondità comprese fra -10.00 m da p.c. e -100.00 m da pc., distribuiti a nord e sud dell'asse della nuova linea; nelle figure successive sono riportate le ubicazioni dei piezometri appartenenti alla rete di monitoraggio, nello specifico allegato sono riportate le caratteristiche di ogni piezometro, in termini di tipologia, profondità e ubicazione plano altimetrica.

Figura 1-1 – Ubicazione dei piezometri della rete di monitoraggio fra i comuni di Mazzano e Lonato d/G



Figura 1-2 – Ubicazione dei piezometri della rete di monitoraggio fra i comuni di Lonato d/G e Peschiera d/G



Figura 1-3 – Ubicazione dei piezometri della rete di monitoraggio fra i comuni di Peschiera d/G e Sona



Figura 1-4 – Ubicazione dei piezometri della rete di monitoraggio fra i comuni di Sona e Verona



Nelle sezioni successive sono sinteticamente riportati i dati idrogeologici e idrochimici utilizzati, nonché le descrizioni delle metodologie di analisi adottate e i risultati dei due studi effettuati.

1.1. Struttura del documento

Il presente documento è articolato nei seguenti capitoli:

- [Capitolo 1](#): Introduzione al documento e elenco della documentazione consultata per la stesura.
- **SEZIONE A:**
 - [Capitolo 1](#): Studio Idrogeologico
 - [Capitolo 2](#): Conclusioni
- **SEZIONE B:**
 - [Capitolo 1](#): Studio Idrochimico
 - [Capitolo 2](#): Risultati delle elaborazioni – Regione Lombardia
 - [Capitolo 3](#): Risultati delle elaborazioni – Regione Veneto
 - [Capitolo 4](#): Conclusioni
- **SEZIONE C:**
 - [Capitolo 1](#): Considerazioni conclusive

1.2. Documenti di Progetto

- (1) 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 esecutivo – Relazione geologica e geomorfologica generale
- (2) 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 esecutivo – Carta geologica
- (3) 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 esecutivo – Carta geomorfologica
- (4) 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 esecutivo – Profili geologici
- (5) 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 esecutivo – Relazione geologica galleria Calcinato
- (6) 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 esecutivo – Sezione geologica galleria Calcinato
- (7) 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 esecutivo – Relazione geologica galleria Lonato
- (8) 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 esecutivo – Sezione geologica galleria Lonato
- (9) 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 esecutivo – Relazione geologica galleria Frassino
- (10) 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 esecutivo – Sezione geologica galleria Frassino

- (11) 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 esecutivo – Relazione geologica galleria San Giorgio
- (12) 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 esecutivo – Sezione geologica galleria San Giorgio
- (13) 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 esecutivo – Relazione geologica galleria Paradiso
- (14) 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 esecutivo – Sezione geologica galleria Paradiso
- (15) 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 – Aggiornamento studio idrogeologico
- (16) 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 idrogeologica generale – sistemi idrogeologici e vulnerabilità
- (17) 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 – Carta della permeabilità superficiale
- (18) “Aggiornamento studio idrogeologico” (relativo alla Linea A.V./A.C. Torino-Venezia Tratta Milano-Verona – Lotto Funzionale Brescia Verona – Progetto Definitivo) redatto da S.In.Ge.A nel 2017;
- (19) Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Mazzano;
- (20) Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Calcinato;
- (21) Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Lonato del Garda;
- (22) Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Desenzano del Garda;

- (23) Portale del Servizio Geologico d'Italia - Ispra
- (24) "Report monitoraggio ambientale componente acque sotterranee - Periodo 2017/2018 - Fase AO" (relativo alle stazioni di misura ricadenti nella LC1 Veneto) redatto da INDAM a febbraio 2019;
- (25) "Report monitoraggio ambientale acque sotterranee Regione Lombardia (LC1 e LC2) - Periodo 2017/2018 - Fase AO" redatto da INDAM a gennaio 2020;
- (26) Dati piezometrici e idrochimici della fase Ante Operam (2017-2018) e, ove disponibili, della fase di Corso d'Opera (2019-.2020).

SEZIONE A

1. STUDIO IDROGEOLOGICO

1.1. Introduzione

Il presente studio idrogeologico è stato effettuato sulla base del modello idrogeologico dell'area eseguito nel 2017, integrato con i dati di monitoraggio rilevati nei piezometri realizzati nel corso del 2017-2018 (rete di monitoraggio ambientale) e dei piezometri realizzati nel corso della campagna di indagini geotecniche a supporto del progetto esecutivo, eseguite nel 2018-2019.

Oltre ai dati rilevati nei piezometri di cui sopra, il modello idrogeologico è stato integrato con i nuovi dati di soggiacenza rilevati negli strumenti realizzati nel corso delle vecchie campagne di indagini (dal 2001 al 2014). In particolare, l'aggiornamento del modello idrogeologico dell'area redatto nel 2017 è stato eseguito implementando i dati rilevati nelle campagne di monitoraggio 2018-2020 dal personale tecnico del Consorzio Cepav Due, dal personale tecnico della società Indam Laboratori S.r.l. e dal personale tecnico della società S.In.Ge.A S.r.l. in corrispondenza di n.205 piezometri distribuiti lungo la nuova linea ferroviaria in progetto fra i comuni di Mazzano e di Verona.

Nei paragrafi seguenti sono riportati sinteticamente gli inquadramenti generali dell'area oggetto di studio, i dati misurati nel corso delle campagne di monitoraggio eseguite nei piezometri disponibili, la descrizione della metodologia interpretativa utilizzata per la ricostruzione dell'andamento delle falde presenti nel sottosuolo e la sintesi dei risultati ottenuti.

Per quanto riguarda qualunque approfondimento relativo ai tematismi non oggetto della presente relazione (caratteristiche geologiche e geomorfologiche di dettaglio del territorio, scelte progettuali, caratteristiche dell'opera, ecc.), e al modello idrogeologico realizzato nel 2017, si rimanda agli specifici documenti di progetto.

1.2. Metodologia di lavoro

L'aggiornamento del modello idrogeologico dell'area di studio è stata eseguita seguendo le seguenti fasi:

- Integrazione del modello concettuale del sottosuolo adottato (derivante dall'aggiornamento dello studio idrogeologico del 2017) con le stratigrafie dei sondaggi eseguiti nel corso delle campagne di indagini 2017-2018 (rete di monitoraggio ambientale) e 2018-2019 (indagini geotecniche a supporto del progetto definitivo);

- Analisi della documentazione bibliografica relativa all'area di studio (documenti del progetto definitivo, documenti dei piani di Governo del Territorio comunali, documenti reperiti dalle banche dati ISPRA), alla luce delle nuove informazioni geologiche-idrogeologiche emerse dalle nuove indagini eseguite (campagne 2017-2018 e 2018-2019);
- Analisi di tutti i dati reperiti dalle campagne di monitoraggio recenti (2018-2020) dei piezometri realizzati a supporto del progetto della linea ferroviaria A.V./A.C.;
- Interpretazione ed elaborazione dei dati idrogeologici analizzati e aggiornamento del modello idrogeologico generale dell'area in oggetto;
- Sintesi dei dati e validazione del modello idrogeologico.

I risultati dell'aggiornamento dello studio idrogeologico sono stati sintetizzati su n.10 tavole grafiche, allegate alla presente.

1.3. Inquadramenti geologico-strutturale, geomorfologico e idrogeologico

Nei paragrafi seguenti vengono sinteticamente riportati gli inquadramenti geologico-strutturale, geomorfologico e idrogeologico dell'area interessata dal progetto e delle porzioni di territorio limitrofe. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche si rimanda ai documenti specifici (riff. da (1) a (14)) per quanto riguarda le informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda al documento specifico (rif. (15)) e al §3.5 .

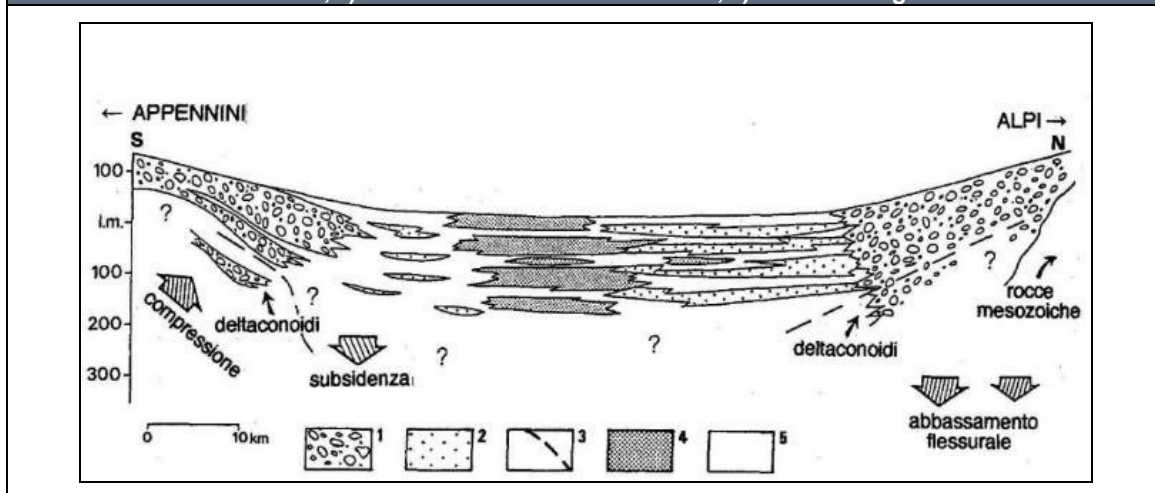
1.3.1. Inquadramento geologico-strutturale

L'area di studio, interessata dal tracciato in progetto, ricade all'interno della porzione settentrionale della Pianura Padana, posta in sinistra idrografica del Fiume Po.

Da un punto di vista geologico, la Pianura Padana rappresenta il risultato del riempimento di un bacino sedimentario terziario di avanfossa, compreso tra le falde Sudalpine S vergenti e le strutture appenniniche N-NE vergenti.

Il riempimento del bacino terziario è avvenuto ad opera di processi di sedimentazione di materiale fine (limi e argille) di origine marina, seguito da processi di sedimentazione dei prodotti di erosione delle due catene poste al limite del bacino stesso, trasportati da processi glaciali e fluvioglaciali quaternari, nonché da processi fluviali.

Figura 1-1 – Distribuzione schematica dei depositi continentali nella Pianura Padana (da Ori, 1993 modificata). 1) Deposito di conoide; 2) Sabbie dei corsi d'acqua affluenti del Fiume Po; 3) Tetto dei sedimenti marini; 4) Sedimenti sabbiosi del Fiume Po; 5) Sedimenti argillosi-limosi



L'area oggetto di studio dove si sviluppa il tracciato in progetto è caratterizzata in prevalenza dalla presenza di depositi di origine glaciale e fluvioglaciale, messi in posto secondo differenti modalità (le quali hanno determinato differenti morfologie e pezzature granulometriche dei depositi), subordinatamente da depositi di origine fluviale recenti e attuali (sedimenti trasportati e depositati nei paleoalvei e negli alvei attuali dei principali fiumi e torrenti che caratterizzano la zona). La porzione di territorio in oggetto può essere suddivisa in tre settori, distinguibili fra loro dalla tipologia di depositi presenti e dalle caratteristiche morfologiche superficiali; in particolare si distinguono:

- **Alta Pianura Lombarda:** settore pianeggiante con debole pendenza verso sud, che si estende a O del fiume Chiese, caratterizzato dalla presenza di depositi di origine fluvioglaciale, organizzati in banchi mal stratificati, costituiti essenzialmente da materiale grossolano (ghiaie e sabbie) con percentuale di fine variabile; in questo settore si possono inoltre riconoscere depositi fluviali recenti e attuali, organizzati generalmente in lenti più o meno estese sia arealmente che verticalmente, costituiti da materiale eterogeneo in funzione dell'energia di trasporto (da ghiaie a limi e argille);
- **Anfiteatro Morenico del Garda:** settore sub pianeggiante e collinare compreso fra il fiume Chiese e il Comune di Sommacampagna, caratterizzato da depositi di origine glaciale (in particolare, morenici, glaciolacustri e sottoglaciali) costituiti da materiale estremamente eterogeneo (da massi e blocchi fino ad argille) con abbondanti variazioni di facies sia in senso orizzontale che verticale, rappresentativi dei vari processi di messa in posto. I depositi glaciali di cui sopra sono localmente separati da depositi fluvioglaciali messi in posto a seguito della fusione dei ghiacciai stessi, che "tagliano" e ricoprono i corpi morenici depositi precentemente; questi depositi presentano le medesime caratteristiche dei sedimenti che caratterizzano l'Alta Pianura Lombarda e generalmente

occupano delle porzioni di territorio pianeggianti o sub pianeggianti fra i vari corpi morenici osservabili;

- **Anfiteatro Morenico del Garda**: settore collinare compreso fra il Comune di Lonato del Garda e il Comune di Sommacampagna, caratterizzato da depositi di origine glaciale (in particolare, morenici, glaciolacustri e sottoglaciali) costituiti da materiale estremamente eterogeneo (da massi e blocchi fino ad argille) con abbondanti variazioni di facies sia in senso orizzontale che verticale, rappresentativi dei vari processi di messa in posto;
- **Alta Pianura Veneta**: settore sub pianeggiante che si estende a Est del Comune di Sommacampagna, caratterizzato da depositi di origine fluvioglaciale e fluviale con caratteristiche simili a quelli presenti nell'Alta Pianura Lombarda.

Per quanto riguarda le strutture tettoniche presente nell'area in oggetto, sono state riconosciuti i seguenti allineamenti:

- Est Bresciano: strutture fragili con direzione giudicariense, allineate con la faglia neotettonica della riviera gardesana;
- Scarpata tettonica, presente alle spalle dell'insenatura di Salò, che ha avuto un importante ruolo nel corso del Quaternario;
- Alta Pianura bresciana: faglie con direzione NE-SO, sepolte da coperture alluvionali e glaciali, ritenute attive (rilievi di Castenedolo e Ciliverghe);
- Est del Lago di Garda: linea tettonica Garda-Sirmione, la quale trova molti riscontri di natura geologica ed idrogeologica, in particolare l'allineamento di sorgenti termominerali sulfuree anche subacquee nell'area di Sirmione.

Di seguito vengono sinteticamente descritte le principali unità allostratigrafiche presenti nell'area interessata dal tracciato in progetto, distinti per settore di appartenenza; i codici delle diverse unità descritte sono relativi alla carta geologica di progetto (riff. (2) e (4)).

I. ALTA PIANURA LOMBARDA

Lungo la porzione di tracciato presente nel settore dell'Alta Pianura Lombarda si distinguono le seguenti unità, descritte dalla più antica alla più recente:

- **Conglomerati di Ciliverghe** (MeCL, Pleistocene Inf.): depositi fluvioglaciali costituiti da conglomerati a supporto clastico con matrice sabbiosa e da lenti di sabbia. E' presente una stratificazione pianoparallela inclinata di circa 7° verso NNO a causa di movimenti neotettonici legati alla presenza di strutture anticlinali profonde aventi direzione Est-Ovest.

- **Unità glaciale di Castenedolo** (MeCA, Pleistocene Med.): deposito glaciale costituito da diamicton massivo a supporto di matrice limoso-argillosa. I clasti sono poligenici, angolosi, eterometrici, $D_{MAX}=50$ cm. Il deposito presenta un grado di alterazione molto evoluto (clasti di natura cristallina arenitizzati, clasti 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.
- **Allogruppo del Mella** (Me, Pleistocene Med.-Sup.): depositi fluvioglaciali che costituiscono 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 circostate 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 anticlinaliche sepolte. Il tracciato interseca un'unità litostratigrafica appartenente a questo allo gruppo, in particolare:

Loess: depositi di origine eolica, costituiti da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro. Presente nella porzione superiore dei colli di Ciliverghe e Castenedolo in zone arealmente isolate di spessore non quantificabile.

- **Alloformazione di C.na Rodenga** (Ro, Pleistocene Med.-Sup.): depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di abbondante matrice sabbiosa debolmente argillosa, con clasti poligenici eterometrici, arrotondati e discoidali. E' presente una grossolana stratificazione suborizzontale, in cui localmente appaiono lenti e strati di sabbia. Localmente, alla sommità dei depositi fluvioglaciali è presente una copertura limosa di spessore sconosciuto (depositi di esondazione). L'unità è caratterizzata da un profilo d'alterazione evoluto di spessore ridotto.
- **Alloformazione di Navate-Aspes** (Na, Pleistocene Sup.): 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 ($D_{MAX}=10$ cm), subarrotondati, poligenici.
- **Unità postglaciale** (Pg, Olocene): depositi alluvionali costituiti da ghiaie a supporto di clasti o di matrice sabbiosa. I clasti sono eterometrici, arrotondati, poligenici. Sono presenti lenti di dimensioni anche decimetriche costituite da sabbie, limi e argille e non presenta alcun profilo di alterazione superficiale.

II. ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA

Lungo la porzione di tracciato presente nel settore dell'Anfiteatro del Garda si distinguono le seguenti unità, descritte dalla più antica alla più recente:

- **Allogruppo di Calcinato** (CI, Pleistocene Inf.-Med.): l'unità è caratterizzata da un profilo di alterazione alto con la presenza di un suolo rossastro di spessore massimo pari a 4.5 m. Si possono distinguere in essa le seguenti facies deposizionali:

Depositi glaciali: costituiti da diamicton massivo a supporto di abbondante matrice limoso-argillosa, cementata alla sommità dei depositi glaciali. I clasti sono eterometrici ($D_{MAX}=6$ m), da angolosi a subangolosi, poligenici, alterati per circa il 90% del totale (litologie carbonatiche argillificate, litologie cristalline arenitizzate e litologie selcifere corrose); sono presenti numerose patine e noduli di dimensioni centimetriche di Fe-Mn. Localmente presenti lenti cementate, denominate conglomerationi (c).

Depositi fluvioglaciali: costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa. I clasti sono arrotondati e poligenici, alterati per circa il 90% del totale (litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate, litologie cristalline da fragili ad arenitizzate). Sono presenti numerose patine e noduli di dimensioni centimetriche di Fe-Mn.

Loess : deposito eolico costituito da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro chiaro. Si presenta in placche isolate e di spessore non quantificabile alla sommità dei cordoni morenici.

- **Allogruppo di Lonato e San Giorgio** (CI, Pleistocene Med.): l'unità è caratterizzata da un profilo di alterazione medio con la presenza di un suolo bruno rossastro e spesso al massimo 1 m. Si possono distinguere in essa le seguenti facies deposizionali:

Depositi glaciali: costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso limosa, talora debolmente cementati. I clasti sono eterometrici ($D_{MAX}=2$ m), da angolosi a subarrotondati, poligenici, alterati per circa il 50% del totale (litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate e litologie cristalline da fragili ad arenitizzate).

Depositi fluvioglaciali: costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa. I clasti sono arrotondati, poligenici e alterati per circa il 50% del totale (litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate e litologie cristalline da fragili ad arenitizzate).

- **Allogruppo di Lugana** (Lu, Pleistocene Sup.): l'unità è caratterizzata da un profilo di alterazione basso e dall'assenza di copertura loessica. Si possono distinguere in essa le seguenti facies deposizionali:

Depositi glaciali: costituiti da diamicton massivo a supporto di matrice limoso-sabbiosa con sparsi massi erratici di dimensioni anche metriche. I clasti sono eterometrici, poligenici, angolosi, frequentemente striati se di natura carbonatica e alterati per circa il 20% del totale (litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate e litologie cristalline da fragili ad arenitizzate).

Depositi fluvioglaciali: costituiti da ghiaie grossolane con ciottoli a supporto di matrice sabbiosa. I clasti sono eterometrici, arrotondati, poligenici. E' presente una stratificazione piano parallela orizzontale sottolineata da strati a diversa granulometria; si tratta delle piane fluvioglaciali che annegano o erodono i depositi glaciali prima descritti.

Depositi glaciolacustri: costituiti da limi e argille da massivi a finemente laminati con, talvolta, intercalati dei dropstone di dimensioni variabili e striati.

- **Unità Post Glaciale** (Pg, Olocene): caratterizzata dall'assenza del profilo di alterazione. E' possibile distinguere le seguenti facies deposizionali:

Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi: costituiti da ghiaie a supporto di abbondante matrice sabbiosa o limosa se dovuta al rimaneggiamento di sedimenti antichi molto alterati.

Depositi lacustri: costituiti da argille e limi a laminazione pianoparallela orizzontale con, talvolta, livelli torbosi.

III. ALTA PIANURA VENETA

Lungo la porzione di tracciato presente nel settore dell'Alta Pianura Veneta si distinguono la seguente unità:

- **Alloformazione di Sommacampagna** (So, Pleistocene med.): depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie da medio-grossolane a molto grossolane al limite del supporto tra clasti e matrice limoso-sabbiosa. Alla sommità dei depositi appare una debole cementazione. I clasti sono eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, poligenici con prevalenza delle litologie porfiroidi. L'unità presenta un profilo di alterazione medio con presenza di un suolo di colore rossiccio di spessore massimo pari a 1 m.

Tutte le informazioni riportate precedentemente sono sinteticamente riassunte nelle carte geologiche di progetto (rif. (4)), qui non riportate.

1.3.2. Inquadramento geomorfologico

La morfologia dell'are oggetto di studio è il risultato dell'azione combinata dei ghiacciai, degli scaricatori fluvioglaciali, dei fiumi antichi e attuali presenti e della successiva azione antropica di rimodellamento del territorio (attività di coltivazione, attività edificatorie e attività estrattiva). Considerando i tre settori definiti al §3.1, di seguito si descrivono brevemente le caratteristiche geomorfologiche dell'area in esame.

I. ALTA PIANURA LOMBARDA

Tale settore è caratterizzato da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest, corrispondente al cosiddetto Livello Fondamentale della Pianura Padana, la cui origine è dovuta all'aggradazione di imponenti conoidi fluvioglaciali provenienti dai principali sbocchi vallivi ubicati a nord. Questa porzione di territorio è caratterizzata da un notevole sviluppo di suolo, dalla presenza di terrazzi alluvionali legati all'azione erosiva dei principali corsi d'acqua presenti nella zona e alla loro evoluzione nel tempo, e dalla presenza di fontanili, soprattutto nella porzione meridionale dell'area. Nell'area di Calcinato sono presenti alcune colline con direzione N-S, appartenenti alla cerchia morenica più esterna dell'Anfiteatro Gardesano. Si tratta di rilievi con sommità troncata per intensa attività antropica o per massiccio dilavamento dei terreni argillosi sui fianchi delle colline stesse.

In particolare esso attraversa tre settori, l'Alta Pianura Lombarda, l'Arco Morenico Gardesano e l'Alta Pianura Veneta.

II. ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA

L'Anfiteatro Morenico del Garda si estende a Sud del lago, fra il Comune di Lonato e il Comune di Sommacampagna. Esso è costituito da rilievi organizzati in fasce concentriche a disposizione semicircolare, interrotte da piane strette e incassate legate all'azione degli scaricatori fluvioglaciali, con locali presenze di aree depresse in cui si sviluppano stagni e paludi. In generale i cordoni morenici presentano una morfologia dolce, legate ai processi erosivi dello strato di alterazione ad argille giallo-rossastre tipico di queste aree. Questo fenomeno conferisce ai rilievi collinari il caratteristico aspetto troncato ed appiattito sulla cima. Infatti il paleosuolo tipico di queste forme glaciali è meglio conservato sui versanti, mentre è quasi completamente eroso sulle creste. La porzione più interna delle cerchie moreniche è rappresentata da un'area pianeggiante digradante verso il lago, che, a causa della tipologia di depositi e della morfologia, favorisce il ristagno delle acque.

III. ALTA PIANURA VENETA

Questo settore è caratterizzato dalla presenza di grandi conoidi risultanti dall'attività fluvioglaciale del Fiume Adige. Dal punto di vista geomorfologico il settore di Pianura Veneta attraversato

dall'opera in progetto presenta caratteri molto omogenei, in quanto legato esclusivamente a depositi fluvioglaciali di importanti scaricatori. Si tratta di un'area pianeggiante caratterizzata da un'ampia rete di canali artificiali o corsi d'acqua minori. Tutte le informazioni relative alla geomorfologia di dettaglio dell'area oggetto di studio sono riportate nei documenti specifici (riff. (2) e (3))

1.3.3. Inquadramento idrogeologico

L'idrogeologia dell'area oggetto di studio risulta essere strettamente correlata alla tipologia di depositi presenti in sito (intesa come granulometria, grado di addensamento e caratteristiche morfologiche dei clasti), nonché ai meccanismi di messa in posto degli stessi (depositi fluviali, fluvioglaciali, glaciali, glaciolacustri, sottoglaciali, ecc.). Oltre ai fattori sopra indicati, la circolazione idrica delle acque nel sottosuolo risulta fortemente condizionata dai processi di alterazione e/o pedogenizzazione superficiale successivi alla messa in posto dei depositi. Considerando i tre settori definiti al §3.1, di seguito si descrivono brevemente le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area in esame.

I. ALTA PIANURA LOMBARDA

L'area dell'Alta Pianura Lombarda presenta caratteristiche idrogeologiche piuttosto omogenee. I materiali che caratterizzano il sottosuolo sono in prevalenza di origine fluvioglaciale con spessori elevati. La granulometria di questi depositi tende a diminuire con la profondità determinando, di conseguenza, una netta riduzione nella permeabilità degli acquiferi più profondi.

Da un punto di vista idrogeologico i sedimenti fluvioglaciali pleistocenici di cui sopra, possono essere divisi in cinque complessi principali (Avanzini et al., 1995), riconoscibili e correlabili a scala regionale in tutta la pianura lombarda.

Tabella 1-1 - Schema delle unità idrogeologiche della pianura lombarda

Età	Unità Idrogeologiche	Acquifero	
Pleistocene sup.	Unità Ghiaioso-Sabbiosa	ACQUIFERO TRADIZIONALE (falde libere)	1° Acquifero (falde libere)
Pleistocene med.	Unità Ghiaioso-Sabbioso-Limosa		2° Acquifero (falde semiconfinate)
Pleistocene inf.	Unità a Conglomerati e Arenarie	ACQUIFERI PROFONDI (falde confinate)	3° Acquifero (falde confinate)
Pleistocene inf.	Unità Sabbioso-Argillosa		
Calabriano	Unità Argillosa		

Di conseguenza la pianura lombarda è costituita da un sistema multifalda in cui si possono distinguere:

- Primo Acquifero: è sede di falde libere (con la possibile locale presenza di falde sospese libere o in pressione);
- Secondo Acquifero: è sede di falde libere o semiconfinate, risulta localmente connesso al primo acquifero;
- Terzo Acquifero: è sede di falde in pressione, confinate in livelli sabbiosi, separati fra di loro da livelli argilloso limosi con elevata continuità areale.

Per quanto riguarda le falde acquifere dell'acquifero tradizionale, nelle porzioni più settentrionale della pianura lombarda presentano soggiacenze medio elevate (comprese fra 30 e 40 m da p.c.), tali valori diminuiscono sensibilmente spostandosi verso le porzioni meridionali della pianura, fino ad annullarsi nella "fascia dei Fontanili" (dove si osserva l'emergenza della falda al di sopra del piano campagna).

L'alimentazione delle falde più superficiali di cui sopra avviene principalmente dalle acque meteoriche e dalle acque a uso irriguo e subordinatamente dalle acque di infiltrazione nella fascia pedemontana; per quanto riguarda le falde semiconfinate e confinate la ricarica avviene principalmente dalle acque di infiltrazione nella fascia pedemontana, e subordinatamente da infiltrazione di acqua dalle falde ubicate al di sopra.

La falda presente all'interno dell'acquifero tradizionale presenta una direzione di flusso generale in direzione da N-S a NNO-SSE man mano che ci si sposta verso est e un'elevata correlabilità laterale nella zona di pianura (a valle delle cerchie moreniche esterne del Garda).

Spostandosi più verso sud la granulometria dei depositi fluvioglaciale diminuisce da ghiaioso sabbioso a sabbioso ghiaioso fino a sabbioso fine limosa-argillosa, a causa della diminuzione di energia delle acque di deposizione; di conseguenza le falde diminuiscono il loro gradiente e tendono sempre di più a diventare da libere a semi-confinate/confinate.

II. ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA

L'assetto geologico-stratigrafico dell'Anfiteatro Morenico del Garda, descritto al §3.1 della presente relazione, è caratterizzato da elevata eterogeneità sia verticale che laterale.

La presenza di corpi morenici, caratterizzati da strato superficiale pedogenizzato con spessore variabile in funzione dell'età di deposizione, localmente separati, troncati e/o ricoperti da depositi fluvioglaciali, a loro volta in eteropia con depositi glacio-lacustri, localmente poggianti su depositi sub glaciali, si ripercuote, sull'assetto idrogeologico del sottosuolo, sulle direzioni di flusso delle falde presenti.

I corpi morenici, anche se costituiti in predominanza da ghiaie sabbiose, presentano valori di conducibilità idraulica modesti, in relazione all'abbondante matrice limoso-argillosa che ne controlla la struttura; inoltre, all'interno degli stessi corpi morenici, in corrispondenza degli orizzonti dominati da matrice più grossolana, la conducibilità idraulica può aumentare anche di diversi ordini di grandezza, ospitando acquiferi, potenzialmente in pressione, di continuità laterale del tutto ridotta.

Definire in modo chiaro ed univoco il flusso idrico attivo in questi settori, in relazione a quanto descritto, risulta pertanto estremamente problematico; in particolare risulta difficile, determinare un assetto idrogeologico generale che rappresenti l'Anfiteatro Morenico nella sua totalità.

III. ALTA PIANURA VENETA

L'Alta Pianura, costituita da potenti spessori di depositi sciolti grossolani (ghiaie e sabbie di media ed elevata conducibilità idraulica) ospita un importante sistema acquifero, rappresentato da un'unica falda freatica di grande spessore e continuità laterale. Tale acquifero, continuamente alimentato dalle acque meteoriche, dall'idrografia superficiale e dalle acque irrigue, presenta un'ottima efficienza, di conseguenza risulta abbondantemente sfruttato dai numerosi pozzi pubblici e privati. La direzione principale del flusso idrico sotterraneo segue la direzione NNO-SSE, come già descritto per la Pianura Lombarda alla quale si connette nella zona a valle dell'anfiteatro del Garda.

1.4. Dati piezometrici

L'aggiornamento dell'andamento della piezometria nel sottosuolo dell'area oggetto di studio è stato eseguito prendendo in considerazione unicamente i dati delle campagne di monitoraggio effettuate nei piezometri esistenti lungo la tratta a partire dal 2017.

In particolare sono stati presi in considerazione:

- n.12 piezometri realizzati nella campagna di indagine 2001-2002;
- n.43 piezometri realizzati nella campagna di indagine 2004;
- n.51 piezometri realizzati nella campagna di indagine 2014;
- n.66 piezometri realizzati nella campagna di indagine 2017-2018 (PMA);
- n.33 piezometri realizzati nella campagna di indagine 2018-2019 (geotecnica)

Tutte le misure sono state eseguite con frequenza mensile, fatta eccezione per n.18 piezometri eseguiti nella campagna di indagine 2018 (geotecnica) e n.1 piezometro eseguito nella campagna di indagine 2004, attrezzati con datalogger caratterizzati da una frequenza di lettura giornaliera.

Oltre ai dati di cui sopra, è stata presa visione dei dati bibliografici relativi a pozzi pubblici e privati presenti nell'area, alcuni dei quali già consultati nella stesura dell'aggiornamento idrogeologico del 2017; in particolare:

- n.98 pozzi pubblici e privati indicati sui PGT consultati (n.22 del comune di Calcinato, n.14 del comune di Mazzano, n.7 del comune di Lonato d/G, n.49 del comune di Desenzano d/G, n.5 del comune di Sirmione e n.1 del comune di Pozzolengo);
- n.105 pozzi pubblici e privati riportati nella banca dati dell'ISPRA.

Si sottolinea che l'aggiornamento del modello idrogeologico è stato effettuato considerando unicamente i dati derivanti dalle campagne di monitoraggio 2018-2020 (descritti sopra), in quanto i dati relativi ai pozzi pubblici e privati consultati risultano fuorvianti per lo scopo del presente lavoro a causa delle seguenti motivazioni.

1. I livelli statici e dinamici riportati sulle stratigrafie sono relativi ad acquiferi produttivi profondi, separati da quelli più superficiali (oggetto del presente studio) mediante acquicludi di spessore decametrico;
2. La maggior parte dei pozzi è caratterizzato da fenestrate in corrispondenza di acquiferi differenti e indipendenti fra loro, di conseguenza non risulta possibile attribuirli a una falda specifica;
3. Le descrizioni stratigrafiche risultano estremamente sommarie ed eseguite sulla base dei cutting di perforazione;
4. I livelli statici misurati al loro interno risalgono al periodo di realizzazione, di conseguenza non tengono conto delle variazioni temporali sul lungo periodo delle falde captate; inoltre non è stato possibile eseguire un aggiornamento dei livelli statici in quanto ne le amministrazioni pubbliche, né i privati, hanno acconsentito allo spegnimento della pompa installata nei pozzi e all'attesa di un periodo variabile fra 1 ora e 3 ore per ottenere la stabilizzazione del livello stesso.
5. Nella maggior parte delle stratigrafie non è specificata la quota di testa pozzo;
6. Non è stato possibile, se non in alcuni casi (es PGT di Lonato del Garda), reperire informazioni relative allo stato di attività dei pozzi presi in considerazione.

Nonostante lo scarso utilizzo delle informazioni reperite dai pozzi ad uso privato e pubblico sopra descritte, in **Allegato n.1** sono riportate le coordinate piano altimetriche e le caratteristiche dei pozzi analizzati.

In **Allegato n.1** sono sintetizzate le coordinate piano altimetriche e caratteristiche di tutti i punti di monitoraggio considerati, distinti per campagna di indagine; in **Allegato n.2** sono riportati i dati misurati nelle campagne di monitoraggio e i diagrammi dell'andamento della piezometria nel tempo per ogni punto di monitoraggio considerato.

Sulle tavole allegate alla presente relazione sono riportati i punti di monitoraggio rilevati durante la campagna di misure eseguita, nonché i pozzi a uso pubblico e privato consultati.

1.5. Modello idrogeologico del sottosuolo

Sulla base delle informazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area (§3), dell'analisi dei dati stratigrafici del piezometri realizzati nel 2018 e 2019, è stato aggiornato e raffinato il modello concettuale del sottosuolo definito nello studio idrogeologico del 2017.

Sulla base di tale modello, è stato realizzato il modello idrogeologico dell'area oggetto di studio mediante interpolazione dei dati freaticometrici a disposizione. I risultati sono sinteticamente riassunti nelle tavole allegate (**Allegato n.3**), dove sono state tracciate le linee isopiezometriche delle diverse falde presenti sul territorio.

1.5.1. Modello concettuale del sottosuolo

I nuovi dati stratigrafici derivanti dai sondaggi eseguiti nel 2018, hanno sostanzialmente confermato il modello concettuale del sottosuolo definito nello studio del 2017, che prevedeva la distinzione del territorio oggetto di studio in tre settori:

- Alta Pianura Lombarda: costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori flucioglaciali). I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate elementi tettonici che hanno favorito il sollevamento di unità di origine glaciale più antiche al di sopra del livello medio della pianura (Castenedolo, Ciliverghe e Calcinato).
- Anfiteatro del Garda: costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali). I materiali costituenti sono estremamente eterogenei fra loro sia a livello granulometrico che a livello di addensamento, di conseguenza si avranno delle elevate variabilità in termini di conducibilità idraulica. I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie); inoltre i

rilievi glaciali sono caratterizzati dalla presenza di suoli da mediamente a molto evoluti, meglio conservati sui fianchi e generalmente erosi sulla sommità.

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi “isolati”, sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre. I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate.

I depositi fluvioglaciali presentano generalmente le stesse caratteristiche di quelli descritti per il settore dell’alta Pianura Lombarda, ma in questo settore risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell’Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l’area dell’anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

- Alta Pianura Veneta: anch’essa costituita da depositi di origine fluvioglaciale con le medesime caratteristiche già descritte per l’Alta Pianura Lombarda; in questo settore, almeno per quanto riguarda l’area di interesse, non vi sono evidenze di movimenti tettonici che hanno causato l’esumazione di unità più antiche.

Sulla base di quanto sopra esposto si possono trarre le seguenti conclusioni.

Il settore dell’Alta Pianura Lombarda, che si estende a ovest del fiume Chiese, è costituito da depositi caratterizzati da valori di conducibilità idraulica medio elevati e generalmente abbastanza omogenei, fatta eccezione per locali situazioni legate alle azioni tettoniche o alla presenza di depositi fini.

Il settore dell’Alta Pianura Veneta ha le medesime caratteristiche del precedente, e risulta essere connesso all’Alta Pianura Lombarda nella porzione di territorio sita a valle delle ultime cerchie moreniche (Castiglione delle Stiviere- Guidizzolo-Volta Mantovana-Valeggio sul Mincio-Villafranca di Verona).

Dall’osservazione delle carte idrogeologiche a scala regionale si evince che questi due settori rappresentano nella loro porzione superficiale l’acquifero tradizionale principale, sede di una falda libera o localmente semiconfinata correlabile a scala regionale.

Il settore dell'Anfiteatro del Garda risulta essere isolato dai due circostanti a causa della tipologia dei depositi presenti; i cordoni morenici costituiscono dei corpi acquiferi complessi e isolati, sede di falde solo localmente continue arealmente che localmente alimentano direttamente le falde presenti nei corpi fluvioglaciali incassati fra loro.

I depositi sub glaciali isolano tutti i corpi acquiferi riconoscibili all'interno dell'anfiteatro morenico dalla sottostante falda principale, e sono sede di falde confinate solo localmente connesse e correlabili fra loro.

La presenza di depositi di origine glacio lacustre con estensioni areali medio elevate implica la presenza di diversi sistemi di falde sospese più o meno superficiali, difficilmente correlabili arealmente.

1.5.2. Assetto idrogeologico dell'area

L'utilizzo dei nuovi dati di monitoraggio ha sostanzialmente confermato il modello idrogeologico dell'area sviluppato nel 2017, fatto salvo per locali variazioni a livello locale (in termini di direzioni di flusso e dei gradienti), legate alla scarsità di dati in alcune zone e alle variazioni dei livelli piezometrici nel tempo.

Si sottolinea che nel presente aggiornamento, non è riportata la falda confinata intramorenica presente nella zona sub pianeggiante a nord di Rivoltella (rif. (15)), in quanto nessuno dei piezometri eseguiti nelle campagne di indagini del 2018 intercetta questo corpo idrico; inoltre si ritiene che la coltre di depositi argilloso limosi di origine glacio-lacustre che isola l'acquifero confinato sia tale da impedire eventuali interazioni fra le lavorazioni di realizzazione della nuova opera e la falda stessa.

Facendo riferimento alle Carte idrogeologiche allegate sono state distinte due tipologie di falde acquifere:

A. Falda Principale Superficiale:

Si sviluppa nei settori dell'Alta Pianura Lombarda e dell'alta Pianura Veneta ed è ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale.

Questo corpo idrico ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) a NO-SE nella porzione di territorio orientale (fra i comuni di Castel Nuovo e Verona); nella porzione settentrionale del territorio veronese la falda ha una direzione circa O-E, la quale varia gradualmente a circa NO-SE muovendosi verso sud.

Nel settore lombardo sono presenti locali variazioni della direzione di flusso, imputabili allo sfruttamento del corpo idrico, e ai differenti "canali" di alimentazione in zona pedemontana e

all'azione alimentante del fiume Chiese; nell'intorno della nuova opera in progetto si osservano quote di falda comprese fra un massimo di 120 m s.m. nel territorio comunale di Mazzano e un minimo di circa 85 m s.m. nei comuni di Calcinato e Lonato del Garda.

Figura 1-2 – Andamento della Falda Principale Superficiale- Settore Lombardo



Dall'analisi dei nuovi dati a disposizione e della nuova ricostruzione dell'andamento della falda, si conferma l'assetto idrogeologico già descritto nel modello del 2017, fatta eccezione per le seguenti variazioni:

- Azione alimentante del fiume Chiese, che modifica nel suo intorno, in particolare nell'area della sponda destra, l'andamento delle isopiezometriche, impostando una direzione di flusso in direzione NE-SO;
- Presenza di un asse di drenaggio nella porzione sud occidentale del centro abitato di Lonato del Garda, indicata dai livelli piezometrici misurati nei piezometri realizzati nella campagna di indagine 2018.

Per quanto riguarda il settore veneto, si osservano sostanziali differenze rispetto al modello del 2017, infatti i nuovi dati disponibili indicano una direzione di flusso con andamento N-S già nelle aree di pianura limitrofe all'anfiteatro morenico gardesano.

Figura 1-3 – Andamento della Falda Principale Superficiale- Settore Veneto



Con i dati attualmente a disposizione non risulta possibile fare alcuna valutazione sul gradiente della falda principale in questo settore, in quanto i punti di misura risultano tutti ubicati nell'intorno dell'isopiezometrica di quota pari a 50 m s.m. Sulla base della conoscenza del territorio da parte degli scriventi e sulla base del modello geologico desunto per l'area oggetto di studio e le sue zone limitrofe, si può asserire che muovendosi verso le zone più meridionali del settore bresciano le linee di egual potenziale tendono a diventare sub orizzontali, definendo un andamento generale di flusso in direzione N-S, e a raccordarsi a quelle del settore veronese.

La soggiacenza nell'area oggetto di studio rimane generalmente costante nel tempo, compresa fra circa -35.0÷-50.0 m da p.c., sia nel settore lombardo che nel settore veneto, fatta eccezione per locali variazioni legate a periodi di intense precipitazioni o agli apporti irrigui. L'alimentazione della falda principale superficiale è prevalentemente legata alle acque di infiltrazione legate alle precipitazioni meteoriche e alle acque irrigue, nonché alla acque sotterranee provenienti dalle zone pedemontane dei settori settentrionali dell'area de studio.

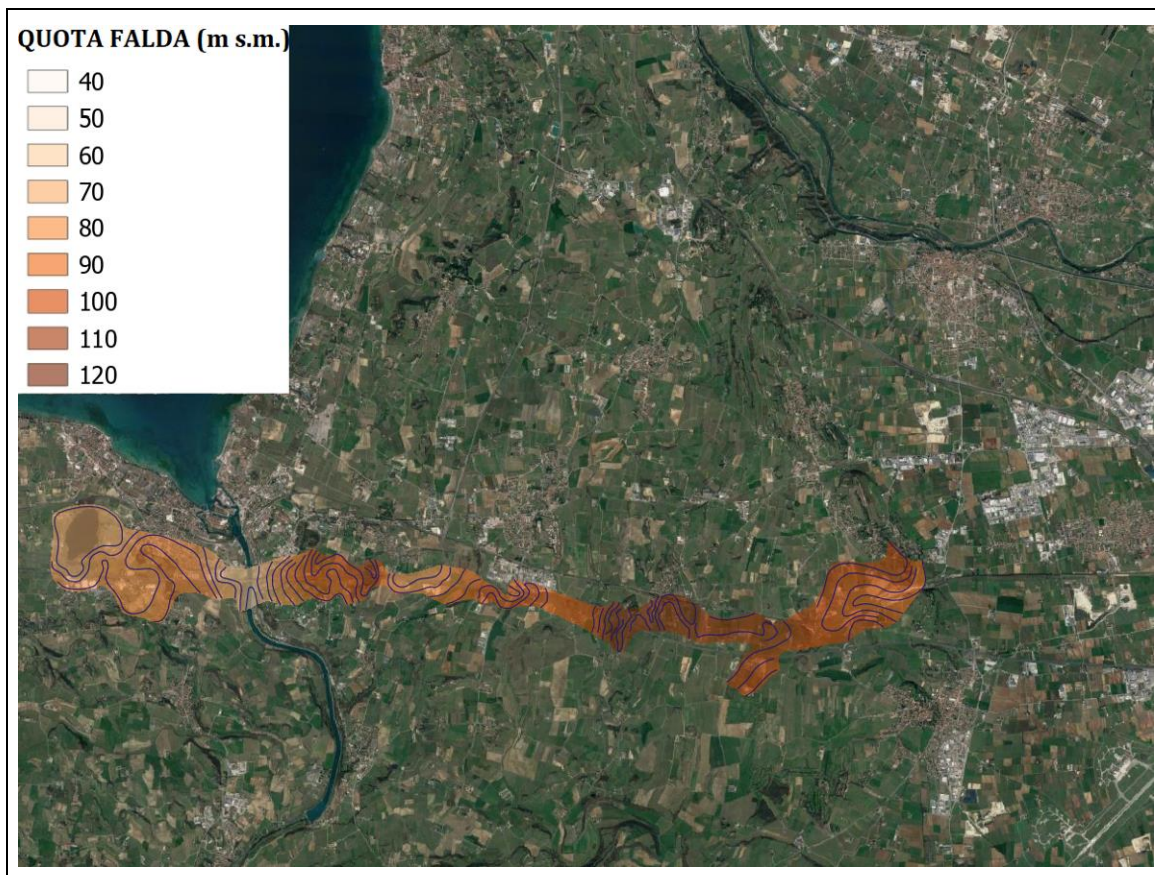
Le caratteristiche di conducibilità idraulica dei depositi costituenti l'acquifero rendono questa falda mediamente vulnerabile all'azione di inquinanti provenienti dalla superficie. Per quanto riguarda la vulnerabilità dell'acquifero, viste le caratteristiche dei depositi superficiali, si può affermare che esso risulta essere ben protetto dalla possibile infiltrazione di sostanze inquinanti, viste le caratteristiche di conducibilità idraulica basse.

B. Falde sospese dell'anfiteatro morenico

Si sviluppano prevalentemente nei depositi glaciali e fluvioglaciali all'interno dell'Anfiteatro morenico del Garda, e risultano caratterizzate da gradienti e direzioni di flusso variabili in funzione dei depositi costituenti gli acquiferi in cui sono contenute e dei rapporti fra i diversi corpi geologici presenti sul territorio. In questo settore sono presenti diverse falde sospese, sia all'interno dei cordoni morenici, sia all'interno dei depositi fluvioglaciali, nonché all'interno dei livelli più permeabili dei depositi glaciolacustici.



Figura 1-5 – Andamento delle Falde Sospese dell'Anfiteatro Morenico del Garda-Settore Veneto



L'interpretazione dei nuovi dati conferma il modello idrogeologico del 2017, con falde sospese ben definibili all'interno delle piane fluvioglaciali interne alle cerchie, nella porzione a sud di Desenzano e nella zona del veronese; separate le une dalle altre dalle colline moreniche presenti sul territorio. L'alimentazione avviene prevalentemente dalle acque di infiltrazione e le direzioni di flusso risultano fortemente condizionate dalla morfologia del territorio. La soggiacenza di queste falde varia da pochi metri da p.c. sono a un massimo di 10-15 m circa da p.c. (in corrispondenza delle piane fluvioglaciali più estese).

All'interno dei cordoni morenici sono localmente presenti delle falde più o meno continue, con direzione di flusso orientate verso le piane fluvioglaciali laterali, caratterizzate da conducibilità idrauliche maggiori.

Nella piana glacio lacustre di Desenzano-Rivoltella-Sirmione, sulla base dei nuovi dati a disposizione, è stato possibile definire l'andamento di una falda sospesa già identificata nell'aggiornamento del 2017 in maniera poco esaustiva, caratterizzata da una direzione di flusso variabile da SO-NE nella porzione occidentale a circa S-N nella porzione orientale, con soggiacenze comprese fra 2-5 m da p.c., alimentata prevalentemente dalle acque di infiltrazione e dagli apporti idrici provenienti dai cordoni morenici presenti a sud dell'area.

Nell'area comunale di Pozzolengo sono presenti n.2 piezometri che indicano la presenza di una falda sospesa caratterizzata da quote compatibili con quella descritta sopra, ma con direzione di flusso opposta. Visto la direzione di flusso dei due corpi idrici e i differenti gradienti, è ragionevole ipotizzare la presenza di un acquifero separato da quello che caratterizza la piana glacio lacustre, alimentato prevalentemente dalle acque di infiltrazione e parzialmente dalle falde confinate presenti al di sotto dell'acquifero in questione.

Nel territorio veronese si osserva un andamento "random", con direzioni di flusso influenzate fortemente dall'orientazioni delle colline moreniche (dove si identificano falde con quote superiori a quelle circostanti) e dalla presenza di depositi fluvioglaciali caratterizzati da conducibilità idrauliche differenti.

La vulnerabilità di queste falde, in funzione dei valori di soggiacenza e delle caratteristiche granulometriche dei depositi presenti, è variabile da medio-bassa in corrispondenza dei cordoni morenici a media in corrispondenza delle porzioni di piana fluvioglaciale.

Si conferma che l'area caratterizzata dai depositi fluviali antichi e recenti del fiume Mincio, caratterizzati da conducibilità idrauliche elevate, rappresenta una asse drenante per le falde sospese presenti nel suo intorno.

Come già sottolineato nello studio idrogeologico eseguito nel 2017, lungo tutta la tratta interessata dall'opera in progetto, sono presenti diverse aree caratterizzate dalla presenza di falde sospese superficiali dove non risulta possibile definire una direzione di flusso, a causa della non correlabilità dei dati freaticometrici a disposizione. In particolare, si possono distinguere le seguenti aree:

- Colle di Calcinato: costituito da depositi glaciali di età Rissiano, molto alterati e depositi loessici ai margini; in questa zona sono presenti n.2 piezometri i cui livelli di falda non risultano correlabili con i livelli relativi alla falda principale, e difficilmente correlabili fra loro e fra i livelli di altri piezometri presenti in quest'area. Questa falda, sospesa, alimentata prevalentemente dalle acque di infiltrazione, è caratterizzata da soggiacenze di circa 15÷30 m da p.c..
- Area di connessione fra il cordone morenico di Lonato e la pianura: in questa zona sono presenti diversi piezometri poco profondi che intercettano una o più falde sospese non correlabili fra loro che si sviluppano in un tratto di lunghezza pari a circa 2.5 km. Tali falde sono probabilmente connesse alla presenza di locali livelli poco permeabili che sostengono falde di carattere effimero e con scarsa continuità laterale, alimentate dai corpi idrici presenti all'interno del cordone morenico di Lonato e da acque meteoriche e irrigue.

- Cordone morenico di Lonato: in questa zona sono presenti due piezometri caratterizzati da valori di soggiacenza estremamente discordanti fra loro, con variazioni di quota assoluta delle falde di oltre 20 m. Ciò è con ogni probabilità legato alla presenza di diverse falde, spesso in pressione, con estensioni areali e verticali estremamente limitate.
- Area di Pozzolengo e Peschiera d/G: in questa area caratterizzata dalla presenza di depositi di natura glacio lacustre si osservano delle falde sospese, solo localmente correlabili fra loro, caratterizzate da variazioni di livello misurato nel tempo generalmente discontinue. La presenza di tali falde è con ogni probabilità legata all'assetto geologico che caratterizza questa zona, costituito da depositi granulometricamente fini (limi e argille), con locali livelli limoso sabbiosi intercalati, localmente caratterizzati dalla presenza di falde di spessore esiguo e limitate lateralmente.

Analogamente a quanto esposto nello studio del 2017, questa area sono state identificate come zone sede di falde sospese arealmente limitate e di ridotto spessore.

Figura 1-6 – Aree caratterizzate dalla presenza di falde sospese arealmente limitate-Settore Lombardo

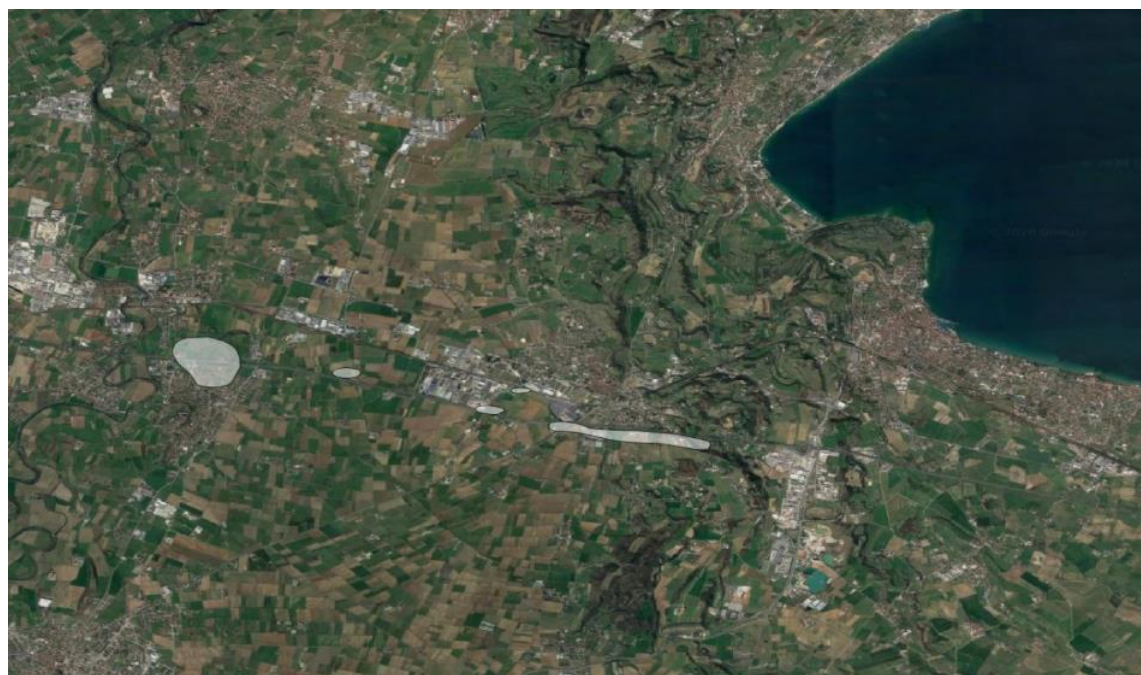


Figura 1-7 – Aree caratterizzate dalla presenza di falde sospese arealmente limitate-Settore Veneto



Ai margini fra le cerchie moreniche esterne e la pianura sono state individuate delle zone di connessione fra le falde sospese definite all'interno dell'Anfiteatro Morenico e la falda principale superficiale. In particolare, per quanto riguarda il settore veronese, è stata definita un'area di infiltrazione estesa dall'area comunale di Sona e di Sommacampagna al margine occidentale del comune di Verona.

Per quanto riguarda la zona compresa fra la cerchia morenica esterna di Lonato e la pianura fluvioglaciale occidentale, si presenta una situazione differente, infatti i dati piezometrici indicano la presenza, nella porzione di piana fluvioglaciale a ovest di Lonato, di una fascia caratterizzata da più falde sospese arealmente limitate che si estende quasi fino al limite comunale di Calcinato. Queste falde sospese potrebbero essere alimentate dai corpi idrici isolati presenti all'interno del cordone morenico di Lonato, considerato in questo studio come un'unità idrogeologica separata da tutte le altre circostanti.

Analogamente a quanto sopra esposto, anche il margine orientale della collina morenica di Lonato potrebbe rappresentare un punto di infiltrazione dalle falde sospese e isolate presenti al suo interno alla falda sospesa presente nei depositi della piana fluvioglaciale sottostante.

1.5.3. Validazione del modello

L'area in oggetto è caratterizzata da notevole estensione areale, da elevata complessità dei fenomeni che hanno prodotto l'assetto geologico morfologico attuale, e da diversi elementi idrografici che attraversano ortogonalmente la linea in progetto.

Con i nuovi dati di monitoraggio (campagna 2018-2020) è stato possibile aggiornare il modello idrogeologico del 2017 e validarlo nei suoi caratteri generali.

Viste le considerazioni di cui sopra, unitamente alla distribuzione dei punti di monitoraggio (tutti estremamente vicini all'asse dell'opera in progetto), l'aggiornamento e la validazione del modello risultano relativi a una fascia molto ristretta nell'intorno dell'opera.

Il confronto dei dati delle campagne di misura 2018-2020 con il modello idrogeologico realizzato e con i dati della campagna 2017 ha evidenziato la concordanza degli andamenti delle falde ricostruiti nel modello del 2017, con locali variazioni legate all'esiguo numero di dati in alcune zone del tracciato, e con variazioni di soggiacenza limitate nei settori della pianura lombarda e dell'arco arco morenico gardesano.

Per quanto riguarda il settore di pianura veneta, le differenze fra i due modelli risultano più marcate, soprattutto in termini di direzione di flusso; tali differenze sono legate alla quasi totale assenza di punti di monitoraggio nell'area di cui sopra e all'utilizzo di dati di origine bibliografica, con ogni probabilità poco aggiornati, per la realizzazione del modello idrogeologico del 2017.

Le considerazioni di cui sopra confermano il modello concettuale definito dagli scriventi, caratterizzato da corpi geologici di origine glaciale sede di falde sospese, localmente in pressione, arealmente limitate e non connesse fra loro, e da corpi geologici di origine fluvio-glaciale e fluviale sede di falde sospese con maggior continuità areale.

La struttura generale delle falde identificate (in termini di direzioni di flusso, gradienti idraulici e morfologia) viene sostanzialmente confermata, a meno delle variazioni di soggiacenza imputabili a variazioni di fattori climatici (regime pluviometrico e termometrico) e di variazioni locali imputabili alla scarsità di dati a disposizione in alcune zone territoriali dell'area considerata (porzione meridionale del comune di Lonato del Garda e pianura Veneta).

Si sottolinea che, vista la disposizione dei punti di monitoraggio (prevalentemente allineati lungo il tracciato), risulta difficile una ricostruzione più accurata degli andamenti delle falde riconosciute nelle aree più esterne a quelle interessate dalla nuova opera in progetto.

1.5.4. Considerazioni conclusive sul modello idrogeologico

L'implementazione dei nuovi dati di monitoraggio utilizzati ha permesso di confermare e di affinare il modello idrogeologico sviluppato nel 2017, confermando la presenza delle seguenti falde:

- Falda Principale Superficiale: corpo idrico correlabile a scala regionale, esterno alle cerchie moreniche esterne dell'ultimo massimo glaciale, sviluppato all'interno della piana fluvioglaciale che caratterizza l'alta pianura Lombarda e l'alta pianura Veneta.

La direzione di flusso è variabile da NNE-SSO a N-S muovendosi dalla porzione occidentale dell'area verso quella orientale, l'alimentazione avviene per infiltrazione di acque meteoriche e irrigue, nonché per flusso idrico sotterraneo dalle aree di alimentazione ubicate a N dell'area in oggetto. La soggiacenza varia fra 35.0 m da p.c. e 50.0 m, con quote di falda comprese fra 120 m s.m. e 85 m s.m. nel settore lombardo e fra 55 m s.m. e 45 m s.m. nel settore veneto.

- Falde sospese: corpi idrici sviluppati all'interno dei depositi fluvioglaciali interni ai cordoni morenici e all'interno dei cordoni morenici stessi, caratterizzate da soggiacenze molto basse (da -2 a -5 m da p.c.), direzioni di flusso variabili, condizionate dalle differenze di conducibilità idraulica fra le unità idrogeologiche (depositi glaciali e fluvio glaciali) e spesso di difficile interpretazione (soprattutto per le falde dei cordoni morenici).

Oltre alle falde di cui sopra, è stata confermata la presenza di locali zone caratterizzate da falde sospese superficiali di ridotto spessore e scarsa continuità laterale, per le quali non è possibile definire una direzione di flusso univoca, ubicate all'interno del cordone morenico di Lonato d/G, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato e nell'area intramorenica compresa fra il lago del Frassino e Desenzano d/G.

Si sottolinea il fatto che l'interpretazione dei dati effettuata, seppur basata su un modello concettuale definito su base geologico-geomorfologica dell'area, è il risultato dell'applicazione di formulazioni matematiche; è dunque possibile che localmente, l'andamento delle falde ricostruite non rappresenti in modo corretto l'effettivo andamento piezometrico, che risulta molto influenzato dalle differenze granulometriche e di addensamento dei diversi materiali naturali costituenti i depositi stessi.

1.6. Considerazioni sulla rete di monitoraggio ambientale

1.6.1. Definizione della rete di monitoraggio e classificazione degli stumenti

La necessità di valutare eventuali interazioni fra la realizzazione della nuova opera in progetto e le falde acquifere presenti nel sottosuolo ha richiesto, nelle zone limitrofe al tracciato, la

realizzazione di una rete di monitoraggio idrochimico e freaticometrico delle risorse idriche sotterranee.

Nella campagna di indagini ambientali 2017-2018, sono stati realizzati n.66 piezometri distribuiti nell'intorno del tracciato, lungo il suo asse di sviluppo (ai quali si aggiungono n.1 piezometro realizzato nella campagna di indagini 2004 e n.2 realizzati nella campagna di indagine 2014), al fine di poter valutare eventuali variazioni della quota e/o dei flussi idrici delle falde presenti nel sottosuolo mediante monitoraggio freaticometrico, nonché la qualità delle risorse idriche sotterranee attraverso specifiche analisi idrochimiche eseguite su campioni di acqua prelevati, prima, durante e dopo i lavori di realizzazione del progetto.

I piezometri di cui sopra, in accordo con gli enti di controllo interessati (Arpa Lombardia e Arpa Veneto), sono stati realizzati "a coppie", rispettivamente a monte e a valle dell'opera, per poter valutare la qualità delle acque di falda e l'eventuale dispersione di inquinanti generate dai lavori di realizzazione.

Sulla base della ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area (descritto al §3.5), e dell'andamento dei flussi idrici sotterranei, si può asserire che, nonostante la progettazione della rete di monitoraggio prevedesse una corrispondenza idrogeologica monte-valle fra le diverse coppie di piezometri, l'effettivo andamento delle falde riconosciute ha evidenziato una mancanza di correlazione tra gli stessi, legata alle differenti direzioni di flusso osservate (conf geologica del territorio) rispetto a quelle attese e alle differenti tipologie di corpi idrici sotterranei intercettate dai piezometri.; di conseguenza molti dei piezometri realizzati dovranno essere considerati come punti di monitoraggio singoli.

In particolare, è possibile classificare i piezometri della rete di monitoraggio come di seguito esposto:

- **Coppie A:** coppie di piezometri monitoranti lo stesso acquifero e ubicati lungo la medesima linea di deflusso sotterraneo;
- **Coppie B:** coppie di piezometri monitoranti lo stesso acquifero ma non ubicati lungo la medesima linea di deflusso sotterraneo o caratterizzati da differenze idrochimiche (si veda Sezione 2);
- **Strumenti singoli:** strumenti installati in aree in cui il contesto idrogeologico non permette l'identificazione di una falda tale da poter definire strumento di valle/strumento di monte;
- **Punti piezometrici:** strumenti non ritenuti significativi al fine del monitoraggio dell'opera, in quanto ubicati a monte idrogeologico della linea o non intercettanti le acque interferenti con le opere ma utili per la definizione del livello piezometrico.

Si sottolinea che la distribuzione dei piezometri rispetto all'asse della nuova linea in progetto è tale da permettere un monitoraggio idrochimico affidabile, sia utilizzando le coppie di strumenti che il singolo strumento, in quanto secondo gli scriventi, le distanze punti di misura-asse linea, in relazione ai gradienti idraulici locali, sono tali da non precludere, in termini di diluizione/trasporto di eventuali inquinanti, i valori ricavati dalle analisi chimiche.

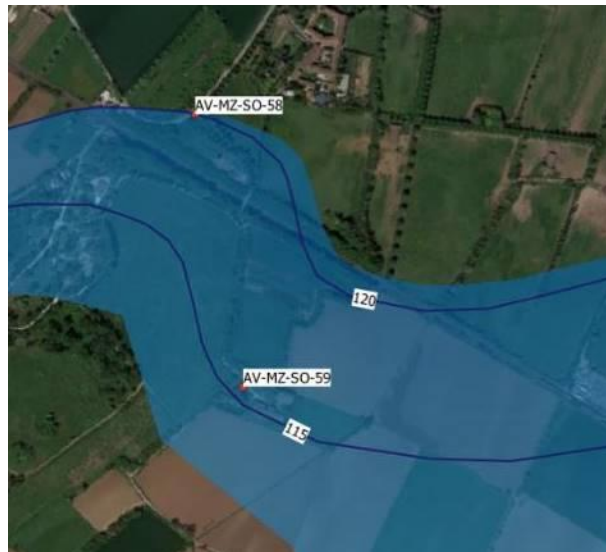
Di seguito si riportano in dettaglio le considerazioni idrogeologiche relative alle coppie di piezometri costituenti la rete di monitoraggio, basate sulle caratteristiche dei piezometri installati, sui dati di monitoraggio e sulla base della ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area.

Piezometri AV-MZ-SO-58 - AV-MZ-SO-59

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda principale), ma i due strumenti non risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso (entrambi caratterizzati da linee di flusso orientate NE-SO).

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si considererà il piezometro AV-MZ-SO-59 come **Strumento singolo** (in quanto piezometro a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometro AV-MZ-SO-58 come **Punto piezometrico** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera)..

I due strumenti possono comunque essere considerati come **Coppia B**, in quanto eventuali variazioni della piezometria legati a ingenti afflussi di acqua da monte potrebbero modificare il deflusso sotterraneo localmente e far sì che i due strumenti risultino idrogeologicamente allineati fra loro.



Piezometri AV-CA-SO-60 - AV-CA-SO-61

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda principale), ma i due strumenti non risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso (linee di flusso orientate rispettivamente NE-SO e ENE-OSO).

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si considererà il piezometro AV-CA-SO-61 come **Strumento singolo** (in quanto piezometro a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometro AV-CA-SO-60 come **Punto piezometrico** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera)..



Piezometri AV-CA-SO-14 - AV-CA-SO-15

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda principale), e risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso con direzione NNE-SSO.

Di conseguenza, i due piezometri possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-CA-SO-14 di monte e lo strumento AV-CA-SO-15 di valle.



Piezometri AV-CA-SO-16 - AV-CA-SO-17

I due piezometri monitorano corpi idrici differenti (lo strumento 16 è all'interno della falda principale, mentre il 17 interessa una falda sospesa all'interno di un corpo morenico

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si considererà il piezometro AV-CA-SO-17 come **Strumento singolo** (in quanto piezometro a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometro AV-CA-SO-16 come **Punto piezometrico** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera).

Per poter definire una coppia monte-valle si propone di inserire nel piano di monitoraggio ambientale lo strumento 3SN06, che risulterebbe un piezometro di valle rispetto al piezometro AV-CA-SO-16; per cui i due strumenti possono essere considerati come **Coppia A**.



Piezometri AV-LO-SO-18 - AV-CA-SO-19

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda principale), e risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso con direzione circa N-S.

Di conseguenza, i due piezometri possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-CA-SO-18 di monte e lo strumento AV-CA-SO-19 di valle.



Piezometri AV-LO-SO-20 - AV-LO-SO-21

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda principale), ma i due strumenti risultano allineati lungo la stessa linea isopiezometrica (quindi non vi è un flusso passante da uno all'altro).

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si considererà il piezometro AV-LO-SO-21 come **Strumento singolo** (in quanto piezometro a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometro AV-LO-SO-20 come **Punto piezometrico** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera).



Piezometri AV-LO-SO-62 (Sup./Prof.)- AV-LO-SO-63 (Sup./Prof.)

I due piezometri profondi monitorano lo stesso corpo idrico (falda principale), come anche i due superficiali (falda sospesa), ma i due strumenti profondi risultano allineati lungo la stessa linea isopiezometrica, quindi non vi è un flusso passante da uno all'altro, mentre per i gli strumenti superficiali, allo stato attuale delle misure, risulta difficile definire una direzione di flusso univoca.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovranno considerare i piezometri AV-LO-SO-63 (P/S) come **Strumenti singoli** (in quanto piezometri a valle idrogeologica dell'opera) e i piezometri AV-LO-SO-62 (P/S) come **Punti piezometrici** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera)..



Piezometri AV-LO-SO-22 - AV-LO-SO-23

I due piezometri monitorano due corpi idrici differenti, presenti all'interno di corpo morenico, con scarsa continuità laterale e verticale.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, non potendo definire un andamento univoco della falda e non avendo un battente idrico al loro interno tale da poter effettuare il campionamento, i due strumenti dovranno essere considerati come **Punti piezometrici** e, quando possibile (possibilità di campionamento), come **Strumenti singoli**.



Piezometri AV-DE-SO-24 - AV-DE-SO-25

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica (quindi non vi è un flusso passante da uno all'altro).

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, e considerando che entrambi gli strumenti risultano essere a monte idrogeologico dell'opera, questi ultimi dovranno essere considerati come **Punti piezometrici**.



Piezometri AV-DE-SO-01 - AV-CA-SO-02 – AV-DE-SO-03

I tre piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), di cui due (AV-DE-SO-03 e AV-DE-SO-02) risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso con direzione circa OSO-ENE.

Di conseguenza, i piezometri AV-DE-SO-03 e AV-DE-SO-02 possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-DE-SO-03 di monte e lo strumento AV-DE-SO-02 di valle.

Inoltre, considerando le locali variazioni di flusso sotterraneo secondo gli scriventi è possibile considerare anche i piezometri AV-DE-SO-03 (di monte) e AV-DE-SO-01 (di valle), nonché i piezometri AV-DE-SO-01 (di monte) e AV-DE-SO-02 (di valle) come **Coppia B**.

Si sottolinea che la coppia AV-DE-SO-03 e AV-DE-SO-02 risulta ubicata a monte idrogeologico dell'opera, di conseguenza poco utile allo scopo prefissato.



Piezometri AV-DE-SO-26 - AV-DE-SO-27

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e risultano caratterizzati da flussi speculari (rispettivamente NE-SO e SE-NO).

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, i due strumenti dovranno essere considerati come **Punti piezometrici**, in quanto ubicati entrambi a monte idrogeologico rispetto all'opera.



Piezometri AV-DE-SO-28 - AV-CA-SO-29

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), e risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso con direzione SO-NE.

Di conseguenza, i due piezometri possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-DE-SO-28 di monte e lo strumento AV-DE-SO-29 di valle.



Piezometri AV-DE-SO-30 - AV-DE-SO-31

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano caratterizzati da flussi con direzioni parallela (SSE-NNO), tali da non generare passaggio di acqua da uno strumento all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovrà considerare il piezometro AV-DE—SO-31 come **Strumento singolo** (in quanto a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometri AV-DE-SO-30 come **Punto piezometrico** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera)..



Piezometri AV-DE-SO-32 - AV-CA-SO-33

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), e risultano circa allineati lungo la stessa direzione di flusso con andamento SO-NE.

Di conseguenza, i due piezometri possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-DE-SO-32 di monte e lo strumento AV-DE-SO-33 di valle.



Piezometri AV-DE-SO-34 - AV-PZ-SO-35

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano caratterizzati da direzioni di flusso differenti (rispettivamente SO-NE e OSO-ENE), tali da non generare passaggio di acqua da uno strumento all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovrà considerare il piezometro AV-DE-SO-34 come **Strumento singolo** (in quanto a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometri AV-DE-SO-35 come **Punto piezometrico** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera).



Piezometri AV-PE-SO-36 (Sup./Prof.) - AV-PE-SO-37 (Sup./Prof.)

I due piezometri profondi monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), e risultano circa allineati lungo la stessa direzione di flusso con andamento N-S; i due piezometri superficiali monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa effimera), e risultano circa allineati lungo la stessa direzione di flusso con andamento S-N

Di conseguenza, i due piezometri profondi possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-PE-SO-36P di monte e lo strumento AV-PZ-SO-37P di valle, , i due piezometri superficiali possono essere considerati come **Coppia B**, con lo strumento AV-PZ-SO-37S di monte e lo strumento AV-PE-SO-36S di valle, quando campionabili.

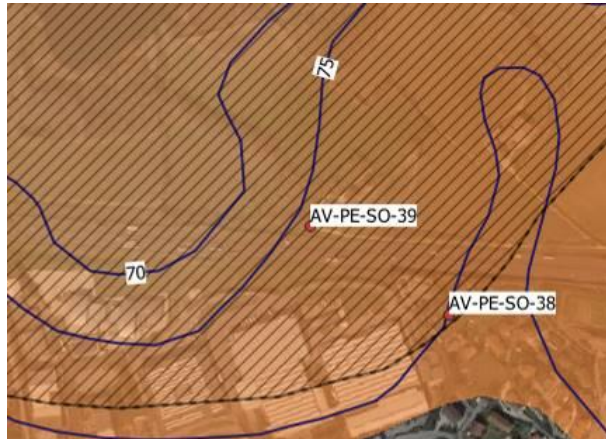


Piezometri AV-PE-SO-38 - AV-PE-SO-39

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), e risultano circa allineati lungo la stessa direzione di flusso con andamento SE-NO.

Si sottolinea che i due piezometri sono ubicati rispettivamente in corrispondenza di un cordone morenico e di una piana fluvioglaciale.

Di conseguenza, i due piezometri possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-PE-SO-38 di monte e lo strumento AV-PE-SO-39 di valle.



Piezometri AV-PE-SO-06 - AV-PE-SO-40 - AV-PE-SO-07 - AV-PE-SO-08

I piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano caratterizzati da direzioni di flusso discordanti, tali da non generare passaggio di acqua da uno strumento all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire piezometri di monte e di valle, alcuni strumenti dovranno essere considerati come **Strumenti singoli** (verticali AV-PE-SO-40 e AV-PE-SO-08, entrambe ubicate a valle idrogeologica di opere complementari alla linea), mentre alcuni strumenti dovranno essere considerati come **Punti piezometrici** (verticali AV-PE-SO-06 e AV-PE-SO-07, entrambe ubicate a monte idrogeologica dell'opera).



Piezometri AV-PE-SO-57 - AV-PE-SO-04 - AV-PE-SO-05 - AV-PE-SO-09

I piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano caratterizzati da direzioni di flusso discordanti, tali da non generare passaggio di acqua da uno strumento all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire piezometri di monte e di valle, alcuni strumenti dovranno essere considerati come **Strumenti singoli** (verticali AV-PE-SO-04 e AV-PE-SO-05, rispettivamente ubicate a valle di un'opera complementare alla linea e a valle idrogeologica della linea), mentre alcuni strumenti dovranno essere considerati come **Punti piezometrici** (verticali AV-PE-SO-57 e AV-PE-SO-09, entrambe non intercettanti le acque sotterranee interferenti con le opere).



Piezometri AV-PE-SO-41 - AV-PE-SO-42

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano allineati lungo la stessa linea isopiezometrica, quindi non vi è un flusso passante da uno all'altro.

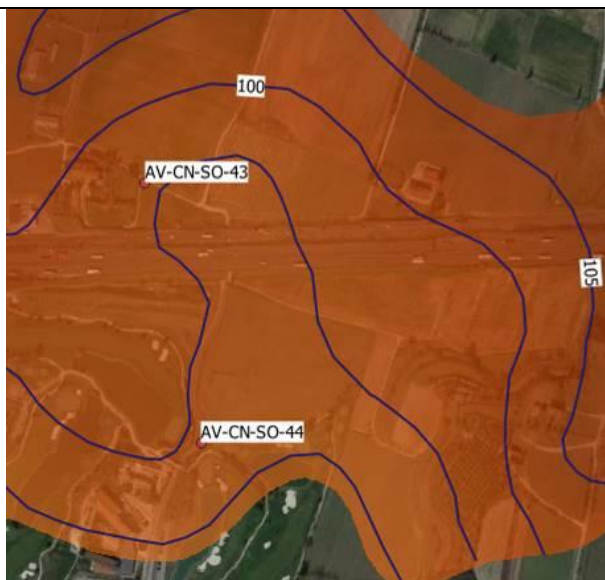
Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovrà considerare il piezometro AV-PE-SO-41 come **Strumento singolo** (in quanto a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometri AV-PE-SO-42 come **Punto piezometrico** (in quanto non intercettanti le acque sotterranee interferenti con le opere).



Piezometri AV-CN-SO-43 - AV-CN-SO-44

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano circa allineati lungo la stessa linea isopiezometrica, quindi non vi è un flusso passante da uno all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovranno considerare entrambi i piezometri come **Punti piezometrici**, in quanto lo strumento AV-CN-SO-43 è ubicato a monte idrogeologico dell'opera) e lo strumento AV-CN-SO-44 non intercetta acque sotterranee interferenti con le opere.



Piezometri AV-CN-SO-45 - AV-CN-SO-46

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), e risultano circa allineati lungo la stessa direzione di flusso con andamento ESE-ONO.

Di conseguenza, i due piezometri profondi possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-CN-SO-45 di monte e lo strumento AV-CN-SO-46 di valle.



Piezometri AV-CN-SO-47 - AV-PZ-SO-48

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano circa allineati lungo la stessa linea isopiezometrica e caratterizzati da direzioni di flusso opposte (rispettivamente SE-NO e ONO-ESE).

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovrà considerare il piezometro AV-CN-SO-47 come **Strumento singolo** (in quanto a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometri AV-CN-SO-48 come **Punto piezometrico** (in quanto non intercettanti le acque sotterranee interferenti con le opere).



Piezometri AV-SO-SO-49 - AV-SO-SO-50

I due piezometri monitorano corpi idrici differenti (falde sospese intramoreniche diverse), e risultano caratterizzati da direzioni di flusso differenti (rispettivamente NNO-SSE e E-O), tali da non generare passaggio di acqua da uno strumento all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovrà considerare il piezometro AV-CN-SO-50 come **Strumento singolo** (in quanto a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometri AV-CN-SO-49 come **Punto piezometrico** (in quanto non intercettanti le acque sotterranee interferenti con le opere).



Piezometri AV-SO-SO-10 - AV-SO-SO-11

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano circa allineati lungo la stessa linea isopiezometrica e caratterizzati da direzioni di flusso differenti (rispettivamente O-E e S-N), quindi non vi è un flusso passante da uno all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovranno considerare entrambi gli strumenti come **Punti piezometrici**, in quanto lo strumento AV-SO-SO-11 è ubicato a monte idrogeologico dell'opera e lo strumento AV-SO-SO-10 non intercetta acque sotterranee interferenti con le opere.



Piezometri AV-SO-SO-12 - AV-SO-SO-13

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma i due strumenti non risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso (entrambi caratterizzati da linee di flusso orientate ONO-ESE).

Considerando le locali variazioni di flusso sotterraneo secondo gli scriventi è possibile i due piezometri possono essere considerati come **Coppia A**, con lo strumento AV-SO-SO-12 di monte e lo strumento AV-SO-SO-13 di valle.

Si sottolinea che il monitoraggio di questi due piezometri è relativo al Campo Base Sona.



Piezometri AV-SO-SO-51 - AV-SO-SO-52

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano posizionati in corrispondenza della stessa isopiezometrica e sono caratterizzati da direzioni di flusso differenti (rispettivamente ONO-ESE e SSE-NNO), tali da non generare passaggio di acqua da uno strumento all'altro.

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovranno considerare entrambi gli strumenti come **Punti piezometrici**, in quanto entrambi i piezometri sono ubicati a monte idrogeologico dell'opera.



Piezometri AV-SM-SO-53 - AV-SM-SO-54

I due piezometri monitorano due corpi idrico (falda sospesa intramorenica e falda principale), inoltre risultano caratterizzati da direzioni di flusso differenti (rispettivamente ONO-ESE e circa N-S), tali da non generare passaggio di acqua da uno strumento all'altro.

Di conseguenza, dato che le due strumentazioni monitorano due falde differenti, si dovrà considerare il piezometro AV-SM-SO-54 come **Strumento singolo** (in quanto a valle idrogeologica dell'opera) e il piezometro AV-SM-SO-53 come **Punto piezometrico** (in quanto a monte idrogeologico dell'opera).



Piezometri AV-SM-SO-55 - AV-SM-SO-56

I due piezometri monitorano lo stesso corpo idrico (falda sospesa intramorenica), ma risultano circa allineati lungo la stessa linea isopiezometrica e caratterizzati da direzioni di flusso tali da non generare il passaggio di acqua da uno strumento all'altro

Di conseguenza, non potendo definire un piezometro di monte e uno di valle, si dovrà considerare lo strumento AV-SO-SO-56 come **Strumento singolo** (in quanto ubicato a valle idrogeologica dell'opera) e lo strumento AV-SO-SO-55 come **Punto piezometrico** (in quanto ubicato a monte idrogeologico dell'opera).



Nelle tabelle successive sono riassunti gli strumenti installati lungo il tracciato costituenti la rete di monitoraggio definita sulla base del presente studio idrogeologico e le loro caratteristiche.

Tabella 1-2 – Rete di monitoraggio ambientale delle falde acquifere

RETE DI MONITORAGGIO AMBIENTALE FALDE ACQUIFERE						
PIEZOMETRO	QUOTA (m s.m.)	PROFONDITA' (m da p.c.)	TIPO DI MONITORAGGIO	UBICAZIONE IDROGEOLOGICA	UBICAZIONE RISPETTO AL TRACCIATO	NOTE
AV-MZ-SO-58	145.77	50.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-MZ-SO-59	143.19	50.00	Stumento singolo	Valle	Sud	
AV-MZ-SO-58	145.77	50.00	Coppia B	Monte	Nord	Nel caso di variazioni locali dell'andamento della falda
AV-MZ-SO-59	143.19	50.00		Valle	Sud	
AV-CA-SO-60	138.7	50.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-CA-SO-61	131.88	50.00	Stumento singolo	Valle	Sud	
AV-CA-SO-15	127.75	50.00	Coppia A	Valle	Sud	-
AV-CA-SO-14	128.99	35.00		Monte	Nord	
AV-CA-SO-17	160.33	80.00	Strumento singolo	Valle	Sud	Falde differenti
AV-CA-SO-16	135.981	45.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	
AV-CA-SO-16	135.981	45.00	Coppia A	Monte	Nord	-
3SN061	132.56	40.00		Valle	Sud	
AV-CA-SO-19	130.88	60.00	Coppia A	Valle	Sud	-
AV-LO-SO-18	135.8	65.00		Monte	Nord	
AV-LO-SO-20	145.04	70.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-LO-SO-21	143.55	70.00	Strumento singolo	Valle	Sud	
AV-LO-SO-62-P	153.06	75.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-LO-SO-63-P	150.87	75.00	Strumento singolo	Valle	Sud	
AV-LO-SO-62-S	153.06	40.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-LO-SO-63-S	150.87	40.00	Strumento singolo	Valle	Sud	
AV-LO-SO-22	189.16	100.00	Punto piezometrico Strumento singolo	-	Nord	Falde sospese differenti, direzioni di flusso difficilmente definibili
AV-LO-SO-23	186.81	100.00	Punto piezometrico Strumento singolo	-	Sud	
AV-DE-SO-24	136.01	35.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-DE-SO-25	135.36	35.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	
AV-LO-VEZ-01	123.73	25.00	Punto piezometrico	-	Sud	Strumenti molto distanti dalla linea
AV-LO-VEZ-02	119.48	25.00	Punto piezometrico	-	Sud	
AV-DE-SO-03	118.42	40.00	Coppia B	Monte	Sud	Nel caso di variazioni locali dell'andamento della falda
AV-DE-SO-01	116.69	30.00		Valle	Nord	
AV-DE-SO-02	112.83	27.00	Coppia B	Valle	Sud	Nel caso di variazioni locali dell'andamento della falda
AV-DE-SO-01	116.69	30.00		Monte	Nord	
AV-DE-SO-02	112.83	27.00	Coppia A	Valle	Sud	Non intercettano acque interferenti con la linea
AV-DE-SO-03	118.42	40.00		Monte	Sud	
AV-DE-SO-26	104.58	20.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-DE-SO-27	109.49	25.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	
AV-DE-SO-28	93.73	20.00	Coppia A	Monte	Sud	-
AV-DE-SO-29	90.13	30.00		Valle	Nord	
AV-DE-SO-30	85.5	30.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-DE-SO-31	86.71	25.00	Strumento singolo	Valle	Nord	
AV-DE-SO-32	87.77	20.00	Coppia A	Monte	Sud	-
AV-DE-SO-33	81.64	30.00		Valle	Nord	
AV-DE-SO-34	79.85	30.00	Strumento singolo	Valle	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-PZ-SO-35	86.02	20.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	
AV-PZ-SO-37-P	77.96	60.00	Coppia A	Valle	Sud	-
AV-PE-SO-36-P	76.29	60.00		Monte	Nord	
AV-PZ-SO-37-S	77.96	10.00	Coppia B	Monte	Sud	Falda superficiale effimera, strumenti utilizzabili in coppia se non asciutti
AV-PE-SO-36-S	76.29	20.00		Valle	Nord	
AV-PE-SO-39	80.8	15.00	Coppia A	Valle	Nord	-
AV-PE-SO-38	92.64	25.00		Monte	Sud	
AV-PE-SO-06	81	20.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-PE-SO-40	86.8	20.00	Strumento singolo	Valle	Nord	
AV-PE-SO-07	86.3	20.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	
AV-PE-SO-08	83.94	20.00	Strumento singolo	Valle	Sud	

Tabella 1-2 – Rete di monitoraggio ambientale delle falde acquifere

RETE DI MONITORAGGIO AMBIENTALE FALDE ACQUIFERE						
PIEZOMETRO	QUOTA (m s.m.)	PROFONDITA' (m da p.c.)	TIPO DI MONITORAGGIO	UBICAZIONE IDROGEOLOGICA	UBICAZIONE RISPETTO AL TRACCIATO	NOTE
AV-PE-SO-57	84.56	15.00	Punto piezometrico	-	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro Acque non interferenti con le opere
AV-PE-SO-04	86.71	20.00	Strumento singolo	Valle	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-PE-SO-05 (4SN16bis)	95.27	25.00	Strumento singolo	Valle	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro Monitoraggio di opera complementare
AV-PE-SO-09 (14PZ22-G)	85.86	20.00	Punto piezometrico	-	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro Acque non interferenti con le opere
AV-PE-SO-41	85.8	50.00	Strumento singolo	Valle	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-PE-SO-42	67.29	20.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-CN-SO-43	98.26	20.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-CN-SO-44	97.26	30.00	Punto piezometrico	-	Sud	AV-CN-SO-44 non intercetta acque interferenti con l'opera
AV-CN-SO-46	103.36	40.00	Coppia A	Valle	Nord	-
AV-CN-SO-45	106.93	35.00		Monte	Sud	
AV-CN-SO-48	102.49	30.00	Punto piezometrico	-	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-CN-SO-47	103.55	15.00	Strumento singolo	Valle	Sud	AV-CN-SO-48 non intercetta acque interferenti con l'opera
AV-SO-SO-50	101.08	20.00	Strumento singolo	Valle	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-SO-SO-49	125.76	20.00	Punto piezometrico	-	Nord	AV-SO-SO-49 non intercetta acque interferenti con l'opera
AV-SO-SO-10 (14PZ28 G)	132.06	25.00	Punto piezometrico	-	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-SO-SO-11	117.84	12.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	AV-SO-SO-10 non intercetta acque interferenti con l'opera
AV-SO-SO-12	113.7	10.00	Coppia A	Monte	Sud	Monitoraggio del Campo Base Sona
AV-SO-SO-13	127.35	50.00		Valle	Sud	
AV-SO-SO-51	118.1	20.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-SO-SO-52	109.24	20.00	Punto piezometrico	Monte	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-SM-SO-53	108.11	20.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Falde differenti
AV-SM-SO-54	96.74	60.00	Strumento singolo	Valle	Sud	
AV-SO-SO-55	85.43	55.00	Punto piezometrico	Monte	Nord	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro
AV-SM-SO-56	83.48	50.00	Strumento singolo	Valle	Sud	Il flusso idrico non permette il passaggio di acqua da uno strumento all'altro

1.6.2. Tempi di deflusso delle acque sotterranee

Al fine di definire la frequenza di campionamento delle acque sotterranee in corrispondenza della rete di monitoraggio, risulta necessario valutare i tempi di deflusso delle acque di falda monitorate fra le varie coppie di piezometri di monitoraggio classificate come Coppie A e Coppie B, nonché fra le future aree di cantiere e i piezometri classificati come Strumenti singoli.

Tale valutazione risulta essere influenzata da molteplici fattori, quali eteropie laterali e verticali dei depositi costituenti gli acquiferi di interesse (che si riflettono in variazioni dei coefficienti di conducibilità idraulica e di porosità efficace degli stessi), andamento delle linee di deflusso delle acque sotterranee, tipologia di sostanza trasportata nel sottosuolo (in termini di caratteristiche chimico-fisiche), variazioni della conducibilità idraulica della curva di ritenzione dei depositi costituenti la porzione insatura dell'acquifero (legate al grado di saturazione e alle caratteristiche granulometriche dei depositi costituenti), apporti idrici sotterranei provenienti dalle aree a monte idrogeologico, regime pluviometrico dell'area, ecc.

Nel caso in oggetto, sulla base dei dati a disposizione provenienti dalle diverse campagne di indagini eseguite sulla tratta, si è scelto di utilizzare un metodo di stima dei tempi di deflusso semplificato, in quanto, allo stato attuale delle conoscenze, non si possono definire, con un grado di dettaglio congruo al problema, le distribuzioni spaziali all'interno delle aree di interesse delle diverse grandezze fisiche in gioco.

Nello specifico è stata effettuata la valutazione dei tempi di deflusso di una sostanza con le medesime caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, che si muove dal punto di partenza (piezometro di monte o area di cantiere) al punto di arrivo (piezometro di valle) all'interno della falda (ovvero non è stato considerato il tragitto della sostanza nella porzione insatura dell'acquifero, a causa dell'assenza di dati relativi alla distribuzione della conducibilità idraulica e alla curva di ritenzione).

Il calcolo del tempo di deflusso (T) è stato eseguito applicando per ogni coppia di piezometro e per ogni strumento singolo la seguente equazione:

$$T = \frac{d}{v_R} = \frac{d}{\frac{k \times i}{n_e}}$$

Dove:

- d : lunghezza della linea di flusso che collega il punto di partenza e il punto di arrivo;
- v_R : velocità di deflusso reale all'interno del mezzo poroso;
- k : conducibilità idraulica del mezzo poroso;

- i Gradiente idraulico;
- n_e : porosità efficace del mezzo poroso.

Per ogni unità geologica interessata dalla rete di monitoraggio ambientale, sono stati definiti i parametri idrogeologici caratteristici, in particolare i valori di porosità efficace sono stati stimati e attribuiti alle diverse unità sulla base della composizione granulometrica degli stessi, mentre i valori di conducibilità idraulica sono stati definiti sulla base dell'analisi di tutte le prove di permeabilità eseguite nel corso delle campagne di indagini effettuate a supporto del progetto della linea.

Nella tabella seguente sono sinteticamente riportati i parametri caratteristici definiti per le varie unità geologiche interessate dalla rete di monitoraggio ambientale.

Tabella 2-1 – Parametri idrogeologici caratteristici definiti						
UNITA' GEOLOGICA	TIPOLOGIA DI DEPOSITO	POROSITA' EFFICACE (%)	CONDUCIBILITA' IDRAULICA (m/s)			
			MIN	MAX	MED	
Alloformazione di Navate Aspes (Na)	Fluvioglaciale	20	3.51E-06	6.16E-05	2.03E-05	
Alloformazione di C.na Rodenga (Ro)	Fluvioglaciale	20	2.78E-06	1.14E-04	2.40E-05	
Allogruppo del Mella - Unità di Castenedolo (MeCA)	Glaciale	18	4.05E-07	1.42E-05	7.17E-05	
Unità Postglaciale (Pg)	Alluvionale	25	9.34E-07	7.43E-02	1.86E-02	
Allogruppo di Lugana-Depositi glaciali (Lu(g))	Glaciali	18	2.67E-07	2.37E-05	5.33E-07	
Allogruppo di Lugana-Depositi glaciolacustri (Lu(g-l))	Glaciolacustri	15	1.00E-08	1.00E-07	5.50E-08	
Allogruppo di Lugana-Depositi fluvioglaciali (Lu(fg))	Fluvioglaciali	20	3.44E-08	0.000456	1.64E-05	
Allogruppo di Lonato e San Giorgio-Depositi glaciali (LSg(g))	Glaciali	18	4.05E-07	1.42E-05	3.17E-06	
Allogruppo di Lonato e San Giorgio-Depositi fluvioglaciali (LSg(fg))	Fluvioglaciali	20	3.44E-08	4.56E-04	1.64E-05	
Allogruppo di Calcinato (Cl)	Glaciali	18	3.22E-06	6.06E-08	6.15E-06	
Alloformazione di Sommacampagna (So)	Fluvioglaciali	20	9.66E-07	1.35E-04	3.59E-05	

Si sottolinea che, per quanto riguarda l'Unità di Castenedolo (MeCA) e l'unità glaciale e fluvioglaciale dell'Allogruppo di Lugana, non avendo dati provenienti da prove in sito, i valori di conducibilità idraulica sono stati definiti sulla base dell'esperienza degli Scriventi.

Per ogni coppia di strumenti è per ogni strumento singolo sono stati calcolati i tempi di deflusso considerando l'unità geologica attraversata dalle linee di flusso, utilizzando, a favore di sicurezza i valori di conducibilità idraulica massimi riportati nella tabella precedente, in modo tale da ottenere il tempo di deflusso minimo.

Nella tabella sottostante sono riportati i risultati ottenuti dal calcolo effettuato.

Tabella 2-2 – Tempi di deflusso minimi rete di monitoraggio

PIEZOMETRO DI MONITORAGGIO	TIPO DI MONITORAGGIO	UBICAZIONE IDROGEOLOGICA	GRADIENTE IDRAULICO (m/m)	LUNGHEZZA TOTALE LINEA DI FLUSSO (m)		LUNGHEZZA LINEA DI FLUSSO PARZIALE NELLE UNITA' GEOLOGICHE (m)			VELOCITA' DI FLUSSO MASSIME (m/s)			TEMPO DI DEFUSSO MINIMO (mesi)
				Pz monte-Pz valle	Cantiere-Pz valle	Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3	Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3	
				AV-MZ-SO-58	Coppia B	Monte	0.0243	451.86	-	31.40 (Ro)	420.46 (MeCa)	
AV-MZ-SO-59	Strumento singolo	Valle	0.0209	-	246.84	25.08 (Ro)	221.76 (MeCa)	-	1.19E-05	1.65E-06	-	> 48.00
AV-CA-SO-61	Strumento singolo	Valle	0.0095	-	627.41	627.41 (Ro)	-	-	5.43E-06	-	-	44.59
AV-CA-SO-14	Coppia A	Monte	0.0161	175.65	-	175.65 (Na)	-	-	4.95E-06	-	-	13.68
AV-CA-SO-15	Strumento singolo	Valle	0.0179	-	306.55	306.55 (Cl)	-	-	6.11E-07	-	-	>> 48.00
AV-CA-SO-16	Coppia A	Monte	0.0273	919.06	-	919.06 (LSg(fg))	-	-	6.23E-05	-	-	5.69
AV-LO-SO-18	Coppia A	Monte	0.0091	406.01	-	406.01 (LSg(fg))	-	-	2.08E-05	-	-	7.53
AV-LO-SO-19	Strumento singolo	Valle	0.0067	-	380.26	380.26 (LSg(fg))	-	-	1.53E-05	-	-	9.59
AV-LO-SO-63	Strumento singolo	Valle	0.0067	-	153.23	153.23 (LSg(fg))	-	-	1.53E-05	-	-	3.86
AV-DE-SO-03	Coppia B	Monte	0.0281	238.97	-	212.44 (LSg(fg))	26.53 (LSg(g))	-	6.40E-05	2.21E-06	-	5.91
AV-DE-SO-01	Coppia A	Valle	0.0281	191.51	-	170.00 (LSg(fg))	21.51 (LSg(g))	-	6.40E-05	2.21E-06	-	4.78
AV-DE-SO-03	Coppia A	Monte	0.0281	191.51	-	170.00 (LSg(fg))	21.51 (LSg(g))	-	6.40E-05	2.21E-06	-	4.78
AV-DE-SO-02	Coppia B	Valle	0.0281	139.46	-	139.46 (LSg(fg))	-	-	6.40E-05	-	-	0.84
AV-DE-SO-01	Coppia B	Monte	0.0281	139.46	-	139.46 (LSg(fg))	-	-	6.40E-05	-	-	0.84
AV-DE-SO-28	Coppia A	Valle	0.0085	778.28	-	65.58 (Lu(g))	712.70 (Lu(g-l))	-	1.12E-06	5.65E-09	-	>> 48.00
AV-DE-SO-29	Strumento singolo	Valle	0.0246	-	99.78	99.78 (Lu(g-l))	-	-	1.64E-08	-	-	>> 48.00
AV-DE-SO-32	Coppia A	Monte	0.0152	399.09	-	399.09 (Lu(g-l))	-	-	1.01E-08	-	-	>> 48.00
AV-DE-SO-33	Strumento singolo	Valle	0.0314	-	264.3	264.30 (Lu(g-l))	-	-	2.09E-08	-	-	>> 48.00
AV-DE-SO-34	Strumento singolo	Valle	0.0314	-	264.3	264.30 (Lu(g-l))	-	-	2.09E-08	-	-	>> 48.00
AV-PE-SO-36P	Coppia A	Monte	0.0323	309.09	-	309.09 (Lu(g-l))	-	-	2.15E-08	-	-	>> 48.00
AV-PZ-SO-37P	Coppia B	Valle	0.0323	309.09	-	309.09 (Lu(g-l))	-	-	2.15E-08	-	-	>> 48.00
AV-PZ-SO-37S	Coppia B	Monte	0.0323	309.09	-	309.09 (Lu(g-l))	-	-	2.15E-08	-	-	>> 48.00
AV-PE-SO-36S	Coppia B	Valle	0.0323	309.09	-	309.09 (Lu(g-l))	-	-	2.15E-08	-	-	>> 48.00
AV-PE-SO-38	Coppia A	Monte	0.0217	214.84	-	214.84 (Lu(g))	-	-	2.86E-06	-	-	28.95
AV-PE-SO-39	Strumento singolo	Valle	0.0147	357.09	-	257.35 (Lu(g))	99.74 (Lu(fg))	-	1.93E-06	3.34E-05	-	> 48.00
AV-PE-SO-40	Strumento singolo	Valle	0.0254	-	102.21	5.90 (Lu(g))	96.31 (Lu(fg))	-	3.35E-06	5.80E-05	-	1.32
AV-PE-SO-04	Strumento singolo	Valle	0.0254	-	102.21	5.90 (Lu(g))	96.31 (Lu(fg))	-	3.35E-06	5.80E-05	-	1.32
AV-PE-SO-05	Strumento singolo	Valle	0.0254	30.82	-	18.30 (Lu(g))	12.52 (Lu(fg))	-	3.35E-06	5.80E-05	-	2.19
AV-PE-SO-08	Strumento singolo	Valle	0.0183	344.79	-	265.38 (Lu(g))	79.41 (Lu(fg))	-	2.41E-06	4.17E-05	-	43.23
AV-PE-SO-41	Strumento singolo	Valle	0.0546	111.06	-	20.40 (Lu(g))	90.66 (Lu(fg))	-	7.19E-06	1.24E-04	-	1.38
AV-CN-SO-45	Coppia A	Monte	0.0235	665.85	-	228.93 (LSg(fg))	436.92 (Pg)	-	5.37E-05	7.00E-03	-	1.67
AV-CN-SO-46	Strumento singolo	Valle	0.0311	74.46	-	19.69 (LSg(fg))	54.77 (LSg(g))	-	7.10E-05	2.46E-06	-	8.71
AV-CN-SO-47	Strumento singolo	Valle	0.0613	382.01	-	115.20 (LSg(fg))	252.85 (LSg(g))	13.96 (Pg)	1.40E-04	4.84E-06	1.82E-02	20.49
AV-CN-SO-50	Strumento singolo	Valle	0.0613	382.01	-	115.20 (LSg(fg))	252.85 (LSg(g))	13.96 (Pg)	1.40E-04	4.84E-06	1.82E-02	20.49
AV-SO-SO-12	Coppia A	Monte	0.0249	473.52	-	386.94 (LSg(fg))	86.58 (LSg(g))	-	5.67E-05	1.96E-06	-	19.67
AV-SO-SO-13	Coppia A	Valle	0.0249	473.52	-	386.94 (LSg(fg))	86.58 (LSg(g))	-	5.67E-05	1.96E-06	-	19.67
AV-SM-SO-54	Strumento singolo	Valle	0.0213	96.69	-	96.69 (So)	-	-	1.45E-05	-	-	2.58
AV-SM-SO-56	Strumento singolo	Valle	0.0213	121.9	-	121.90 (So)	-	-	1.45E-05	-	-	3.25

Come si osserva dai dati riportati in tabella, per molti piezometri si hanno dei tempi di deflusso superiori e molto superiori a 48 mesi; questi risultati sono legati con ogni probabilità alle approssimazioni fatte, in particolare al valore costante della conducibilità idraulica.

In base a quanto sopra esposto, si sottolinea che i tempi di deflusso minimi calcolati riassunti in tabella, sono da ritenersi come indicativi.

2. CONCLUSIONI

L'aggiornamento dell'assetto idrogeologico dell'area oggetto di intervento è stato eseguito al fine di definire la rete di monitoraggio ambientale delle falde acquifere presenti nelle fasi precedenti l'inizio delle lavorazioni, in corso d'opera e successive alla realizzazione del progetto.

L'aggiornamento è stato eseguito sulla base delle misure derivanti dalle ultime campagne di monitoraggio dei piezometri presenti lungo la tratta e nelle sue aree limitrofe; i nuovi dati sono stati inoltre utilizzati per affinare il modello concettuale dell'area e validare il modello idrogeologico definito nel 2017.

L'implementazione dei nuovi dati di monitoraggio utilizzati ha permesso di confermare e di affinare il modello sviluppato nel 2017, costituito da due tipologie di falde, in particolare:

- Falda Principale Superficiale: corpo idrico correlabile a scala regionale, esterno alle cerchie moreniche esterne dell'ultimo massimo glaciale, sviluppato all'interno della piana fluvioglaciale che caratterizza l'alta pianura Lombarda e l'alta pianura Veneta.

La direzione di flusso è variabile da NNE-SSO a N-S muovendosi dalla porzione occidentale dell'area verso quella orientale, l'alimentazione avviene per infiltrazione di acque meteoriche e irrigue, nonché per flusso idrico sotterraneo dalle aree di alimentazione ubicate a N dell'area in oggetto.

La soggiacenza varia fra 35.0 m da p.c. e 50.0 m, con quote di falda comprese fra 120 m s.m. e 85 m s.m. nel settore lombardo e fra 55 m s.m. e 45 m s.m. nel settore veneto.

- Falde sospese: corpi idrici sviluppati all'interno dei depositi fluvioglaciali interni ai cordoni morenici e all'interno dei cordoni morenici stessi, caratterizzate da soggiacenze molto basse (da -2 a -5 m da p.c.), direzioni di flusso variabili, condizionate dalle differenze di conducibilità idraulica fra le unità idrogeologiche (depositi glaciali e fluvio glaciali) e spesso di difficile interpretazione (soprattutto per le falde dei cordoni morenici).

Oltre alle falde di cui sopra, è stata confermata la presenza di locali zone caratterizzate da falde sospese superficiali di ridotto spessore e scarsa continuità laterale, per le quali non è possibile definire una direzione di flusso univoca, ubicate all'interno del cordone morenico di Lonato d/G, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato e nell'area intramorenica compresa fra il lago del Frassino e Desenzano d/G.

I risultati del presente studio idrogeologico sono riassunti all'interno delle carte delle isopiezometriche allegata alla presente (**Allegato n.3**).

Si sottolinea il fatto che l'interpretazione dei dati effettuata, seppur basata su un modello concettuale definito su base geologico-geomorfologica dell'area, è il risultato dell'applicazione di formulazioni matematiche; è dunque possibile che localmente, l'andamento delle falde ricostruite non rappresenti in modo corretto l'effettivo andamento piezometrico, che risulta molto influenzato dalle differenze granulometriche e di addensamento dei diversi materiali naturali costituenti i depositi stessi.

La definizione della rete di monitoraggio ambientale da utilizzare per verificare eventuali interazioni fra la realizzazione dell'opera in progetto e le risorse idriche sotterranee è stata eseguita sulla base del modello idrogeologico risultante dall'analisi dei dati eseguita.

Si sottolinea altresì che la distribuzione dei piezometri rispetto all'asse della nuova linea in progetto è tale da permettere un monitoraggio idrochimico affidabile, sia utilizzando le coppie di strumenti che il singolo strumento, in quanto secondo gli scriventi, le distanze punti di misura-asse linea, in relazione ai gradienti idraulici locali, sono tali da non precludere, in termini di diluizione/trasporto di eventuali inquinanti, i valori ricavati dalle analisi chimiche.

SEZIONE B

1. STUDIO IDROCHIMICO

1.1. Introduzione

Il presente documento è stato redatto dall'A.T.I. costituito da Indam Laboratori S.r.l. (Groupe CARSO), S.In.Ge.A. S.r.l. e NCE S.r.l. su incarico del Consorzio ENI per l'Alta Velocità Cepav Due.

Tale documento si compone di uno studio idrochimico e di uno studio idrogeologico aventi lo scopo di definire la correlazione tra le acque sotterranee di pertinenza di piezometri limitrofi, facenti parte della rete piezometrica lungo la Linea Ferroviaria AV/AC da Brescia a Verona attualmente in fase di costruzione.

Questo studio nasce dalla richiesta avanzata dal Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM di chiarire i rapporti intercorrenti tra coppie o piccoli gruppi di piezometri in modo da verificare se l'acquifero intercettato dai diversi piezometri fosse il medesimo e quale piezometro fosse identificabile come piezometro di monte e quale come piezometro di valle.

Qualora le caratteristiche idrogeologiche di alcune zone non consentissero di ricostruire con chiarezza tali rapporti, l'analisi dei piezometri verrà eseguita singolarmente.

1.2. Metodologia applicata

La metodologia applicata per raggiungere lo scopo del lavoro ha previsto una prima fase di raccolta e sistematizzazione di tutti i dati disponibili e una successiva fase di elaborazione degli stessi.

Come anticipato poco sopra, i dati utilizzati per le elaborazioni descritte nel documento sono relativi alla fase Ante-Operam, disponibili sia per i piezometri della Regione Lombardia sia per i piezometri della Regione Veneto, e alla fase di Corso d'Opera esclusivamente per i piezometri della Regione Lombardia.

Una volta ultimata la raccolta e la sistematizzazione dei dati, si è proceduto ad eseguire le seguenti elaborazioni:

- Analisi e confronto dei livelli di falda rilevati nel corso delle diverse campagne per definire il rapporto monte-valle tra coppie o terzetti di piezometri;

- Analisi ed elaborazioni dei cosiddetti ioni maggiori, ovvero i cationi Calcio, Magnesio, Sodio e Potassio e gli anioni Cloruro, Carbonato e Nitrato, attraverso l'utilizzo dei diagrammi di Shoeller e dei diagrammi di Piper;
- Analisi dei parametri chimico-fisici (temperatura, pH, potenziale di ossido-riduzione (potenziale RedOx), ossigeno disciolto e conducibilità elettrica specifica;
- Analisi dei superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) dei contaminanti presenti nelle acque ai sensi del D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e s.m.i..

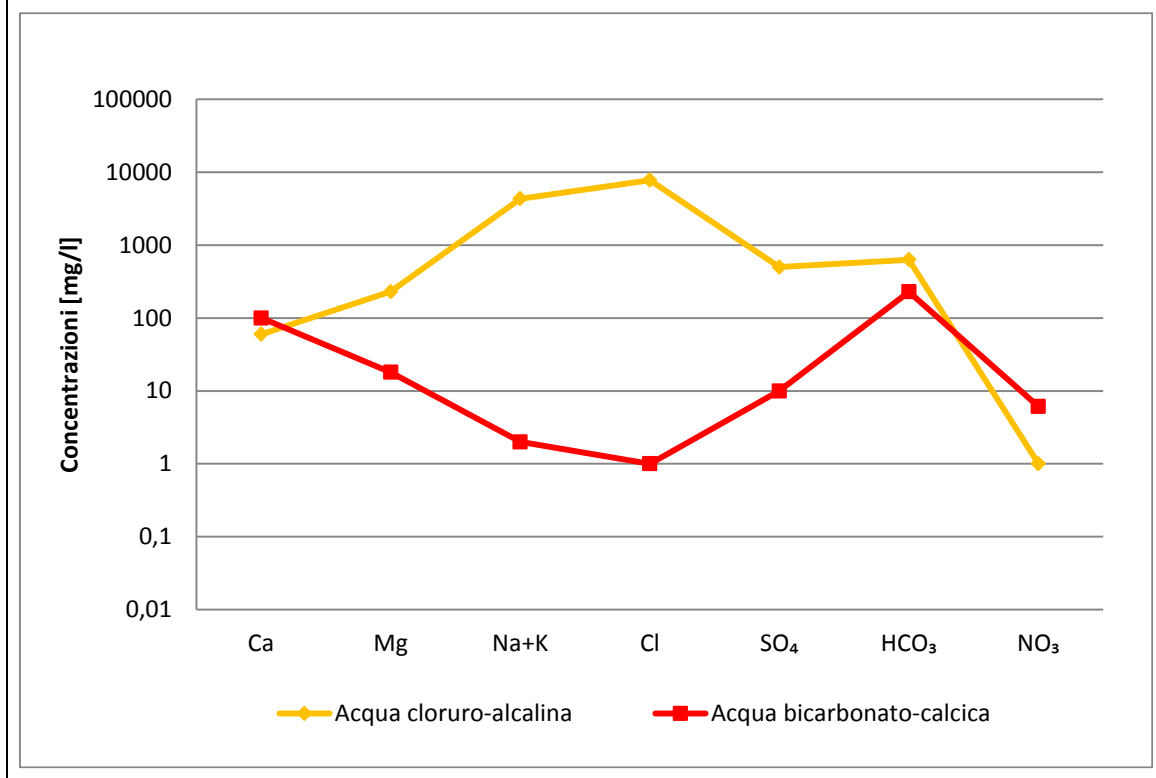
1.2.1. Cenni teorici alle elaborazioni degli ioni maggiori

Nel presente paragrafo si riporta una breve spiegazione teorica della metodologia di elaborazione dei dati tramite diagrammi di Shoeller e diagrammi di Piper.

I diagrammi di Schoeller consentono di effettuare una rappresentazione quantitativa della geochimica delle acque di falda. Questo tipo di rappresentazione prevede l'utilizzo di un grafico costituito da un asse logaritmico verticale, sul quale si riporta la concentrazione assoluta dei componenti analitici e da un asse orizzontale su cui vengono disposti gli ioni nell'ordine seguente: Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$, Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} e NO_3^{-} .

Sulla base della forma assunta dalla spezzata congiungente i vari punti si può distinguere la dominanza principale dell'acqua. Un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica avrà una forma "a catino" con i due vertici Ca^{2+} e HCO_3^{-} sempre più alti degli altri vertici della spezzata, mentre un'acqua cloruro-alcalina sarà rappresentata da una spezzata con una "cuspidine" nella zona centrale del diagramma, in corrispondenza dei massimi di $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$ e Cl^{-} (vedi **Figura 1-1**).

Figura 1-1 – Esempi diagrammi di Schoeller



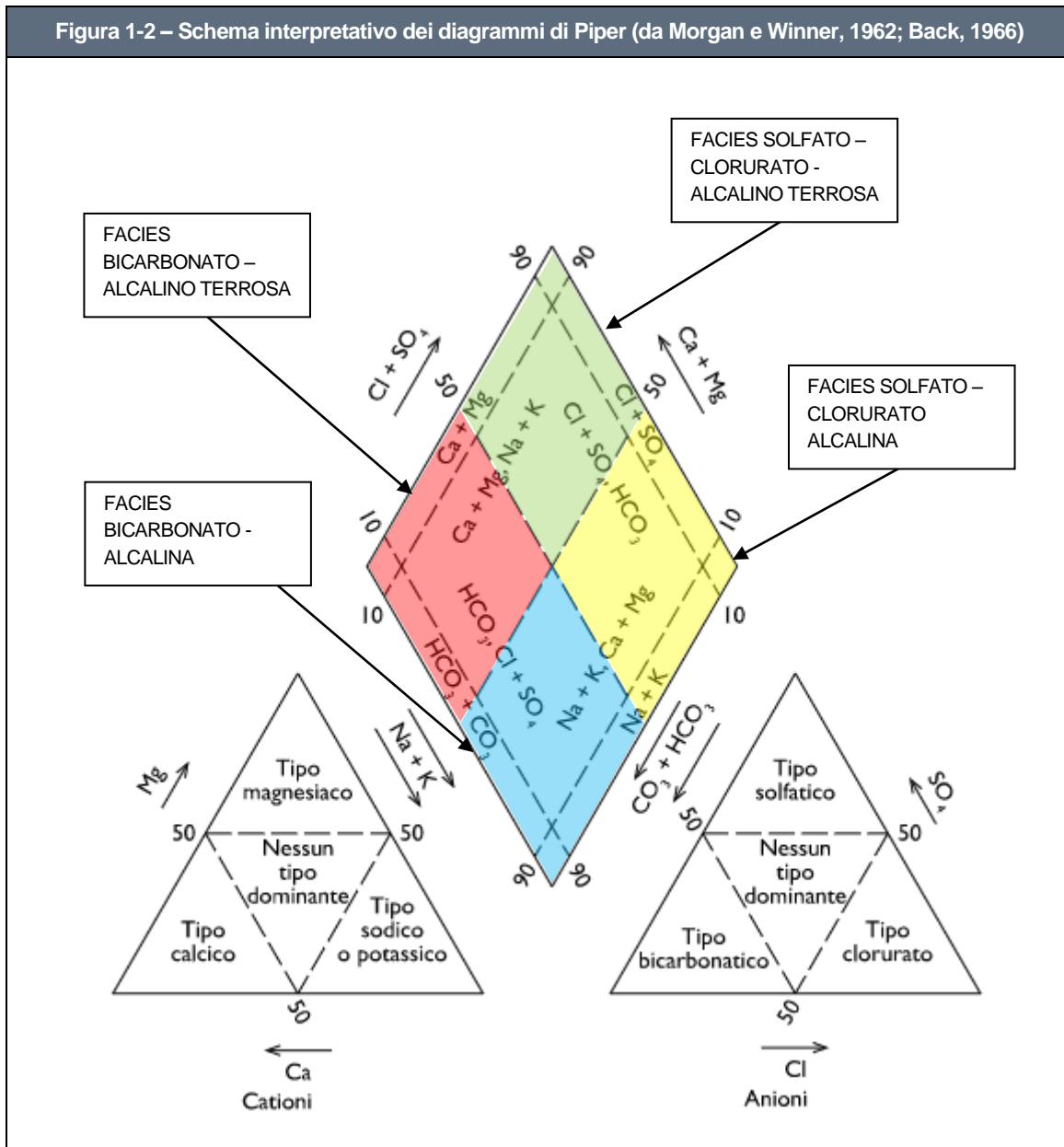
I diagrammi di Piper sono costituiti da due grafici triangolari in cui vengono riportate le percentuali dei cationi Ca^{2+} , $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ e Mg^{2+} e degli anioni HCO_3^{-} , $\text{Cl}^{-} + \text{NO}_3^{-}$ e SO_4^{2-} , CO_3^{2-} e F^{-} e da un grafico romboidale in cui vengono proiettati i dati derivanti dai due grafici triangolari.

A seconda dell'area del rombo in cui ricadono i dati derivanti dalle proiezioni è possibile avere indicazioni relative alla facies geochimica del campione di acqua considerata (vedi **Figura 1-2**).

Nelle elaborazioni descritte successivamente, gli anioni CO_3^{2-} e F^{-} non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentavano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono stati considerati poco rappresentativi.

¹ Nelle elaborazioni descritte successivamente, gli anioni CO_3^{2-} e F^{-} non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentavano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono stati considerati poco rappresentativi.

Figura 1-2 – Schema interpretativo dei diagrammi di Piper (da Morgan e Winner, 1962; Back, 1966)



2. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI – REGIONE LOMBARDIA

2.1. AV-DE-SO-01 (Valle), AV-DE-SO-02 (Valle) e AV-DE-SO-03 (Monte)

2.1.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai tre punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I piezometri AV-DE-SO-01, AV-DE-SO-02 e AV-DE-SO-03 sono ubicati nel comune di Desenzano (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-1 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-DE-SO-01	AV-DE-SO-02	AV-DE-SO-03
Posizione	Nord	Sud	Sud
WBS di progetto	-	-	-
pK	121+000	121+000	120+800
Provincia	Brescia	Brescia	Brescia
Comune	Desenzano	Desenzano	Desenzano
Località	-	-	-
Aree protette	-	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 619743.13	E: 619761.12	E: 619571.97
	N: 5033675.18	N: 5033537.07	N: 5033509.32



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i tre piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-1** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da novembre 2017 settembre 2018 e in Corso d'Opera (CO) da dicembre 2019 a febbraio 2020.

Tabella 2-1 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam e corso d'opera

Piezometro	Udm	Data rilievo					
		23/11/2017	06/02/2018	25/06/2018	21/09/2018	02/12/2019	27/02/2020
AV-DE-SO-01 (V)	m s.l.m.	95,05	95,34	95,81	94,84	96,1	97,02
AV-DE-SO-02 (V)	m s.l.m.	95,25	95,35	95,73	95,35	96,17	97,04
AV-DE-SO-03 (M)	m s.l.m.	98,6	98,67	99,2	98,81	99,15	100,55
Variazione SO-01-02 (V-V)	m	-0,2	-0,01	0,08	-0,51	-0,07	-0,02
Variazione SO-03-01 (M-V)	m	3,55	3,33	3,39	3,97	3,05	3,53
Variazione SO-03-02 (M-V)	m	3,35	3,32	3,47	3,46	2,98	5,59

Dai monitoraggi effettuati si nota che i valori del livello di falda nei piezometri AV-DE-SO-01 e AV-DE-SO-02 sono molto simili e le differenze tra i valori registrati nei due piezometri non mostrano un chiaro rapporto monte-valle.

Diverso è invece il caso del piezometro AV-DE-SO-03, il quale, sia rapportato ad AV-DE-SO-01 sia ad AV-DE-SO-02, mostra sempre un livello piezometrico più elevato, dando ragione di pensare che si tratti del piezometro di monte rispetto agli altri due piezometri definibili, secondo questa tesi, come piezometri di valle. Inoltre, dal punto di vista idrogeologico, la direzione di falda locale è verso Est, quindi è ragionevole considerare i rapporti monte/valle come sopra indicato.

2.1.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-2– Figura 2-3– Figura 2-4**) e di Piper (**Figura 2-5**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e CO e riassunti in **Tabella 2-2**.

Tabella 2-2 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam e corso d'opera									
AV-DE-SO-01 - AV-DE-SO-02 - AV-DE-SO-03									
Tipo punto	Nome	Data	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Valle	AV-DE-SO-01	23/11/2017	103,1	28	26,1	43	36	374	25
Valle	AV-DE-SO-02	23/11/2017	118,1	27,7	35,4	52	35	403	53
Monte	AV-DE-SO-03	23/11/2017	115,2	28,8	33,7	50	41,00	396	39
Valle	AV-DE-SO-01	06/02/2018	101	27,6	27,9	49	37	309	28
Valle	AV-DE-SO-02	06/02/2018	111	26,8	34,8	49	36	335	49
Monte	AV-DE-SO-03	06/02/2018	110	31,5	34,8	48	42,00	417	47
Valle	AV-DE-SO-01	25/06/2018	99,9	30,5	25,3	48	39	370	25
Valle	AV-DE-SO-02	25/06/2018	112,6	28,7	35,4	51	35	391	49
Monte	AV-DE-SO-03	25/06/2018	111,9	30,3	35,8	44	41,00	416	49
Valle	AV-DE-SO-01	21/09/2018	90,4	28,1	22	54	40	384	27

Tabella 2-2 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam e corso d'opera

AV-DE-SO-01 - AV-DE-SO-02 - AV-DE-SO-03									
Tipo punto	Nome	Data	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Valle	AV-DE-SO-02	21/09/2018	107,8	28,3	33,5	66	38	425	59
Monte	AV-DE-SO-03	21/09/2018	100,6	28,1	31,5	46	44,00	412	50
Valle	AV-DE-SO-01	02/12/2019	87,8	31,6	25,4	59	40	373	26
Valle	AV-DE-SO-02	02/12/2019	89,3	15,5	14,4	30	42	331	42
Monte	AV-DE-SO-03	02/12/2019	103,7	32,2	26,4	46	77	391	26
Valle	AV-DE-SO-01	27/02/2020	124,8	32,8	19,4	46	46	466	81
Valle	AV-DE-SO-02	27/02/2020	124,1	27,3	28,8	57	34	411	87
Monte	AV-DE-SO-03	27/02/2020	98	25,7	21,4	56	46	354	29

Figura 2-2 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-01

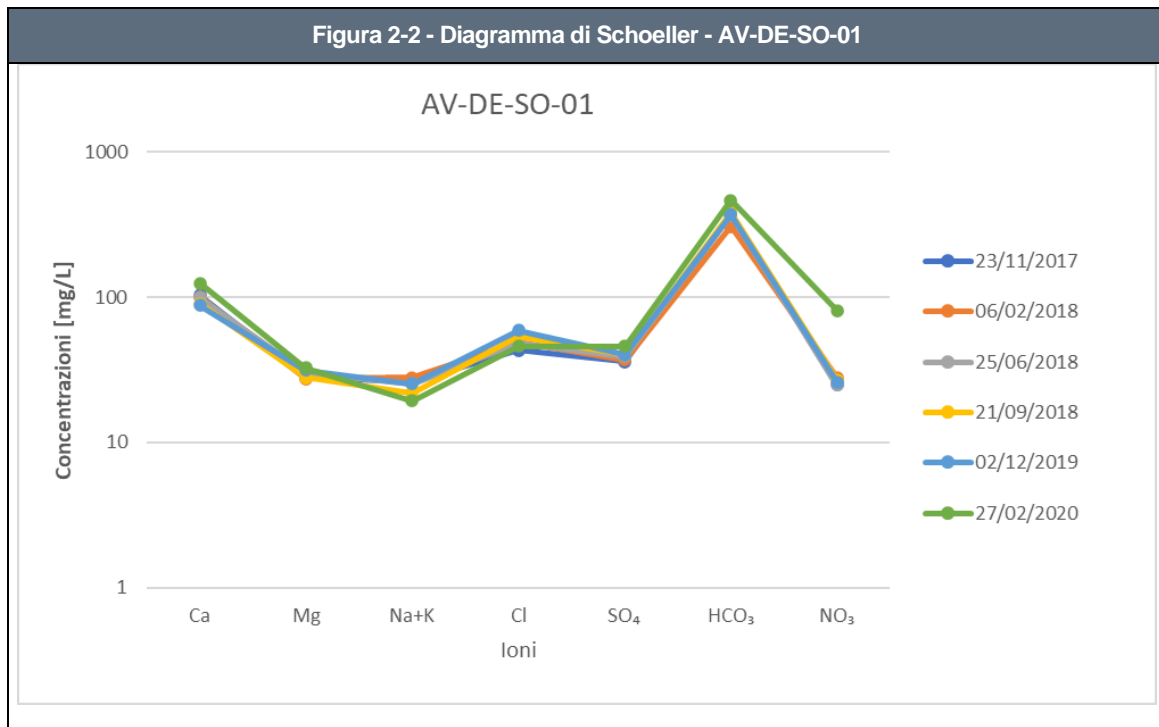


Figura 2-3 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-02

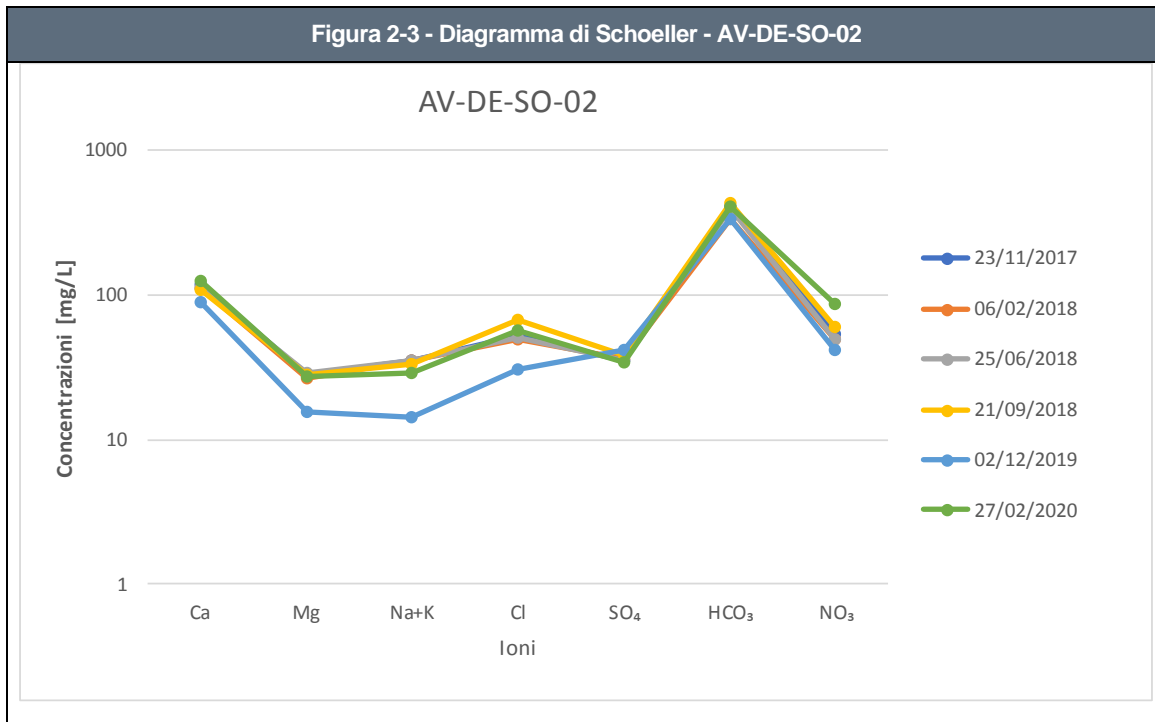
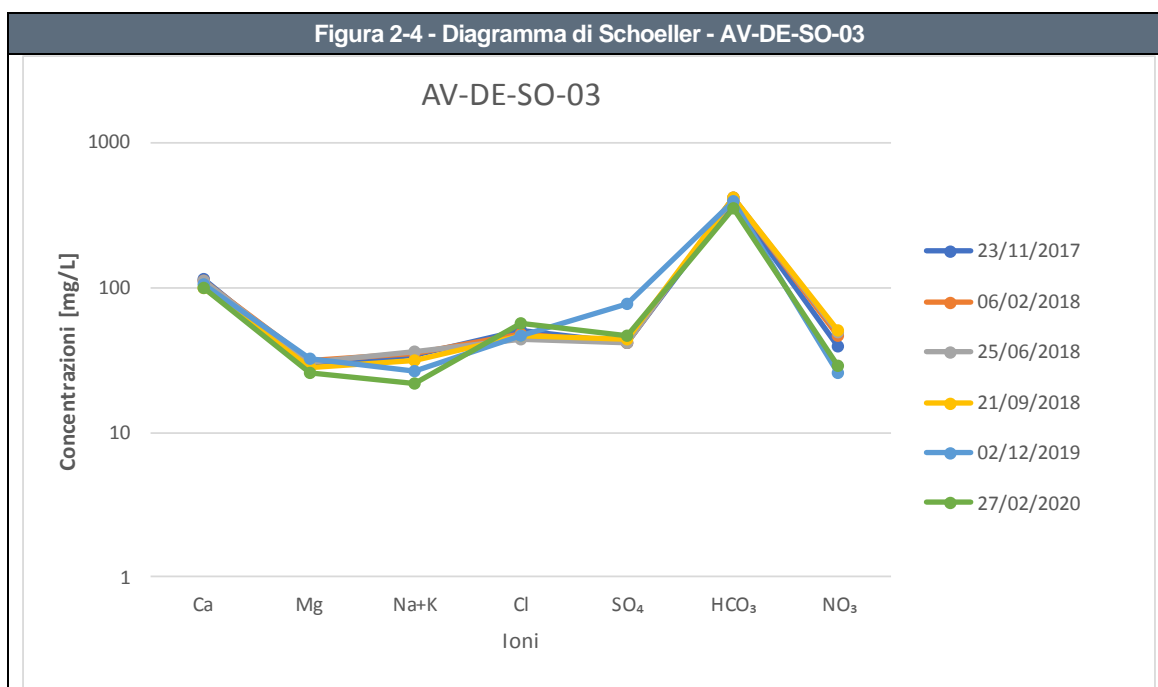


Figura 2-4 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-03

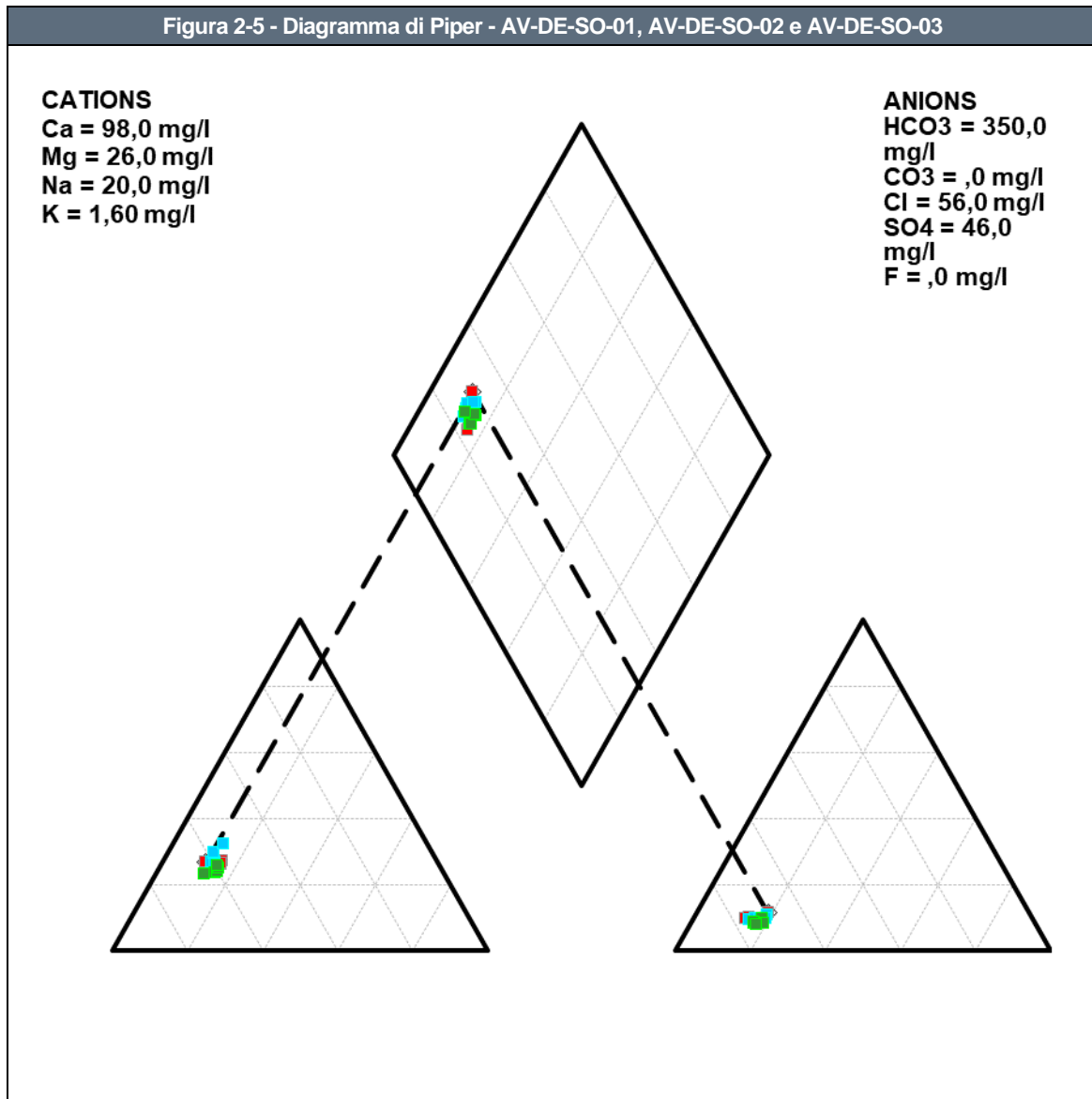


Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e i punti di

valle, che risultano pressoché sovrapponibili, si può ipotizzare che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire nel quale in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri del piezometro di monte (AV-DE-SO-03), in azzurro quelle del piezometro AV-DE-SO-01 di valle e in verde quelle del piezometro AV-DE-SO-02 anch'esso di valle. Si può notare la sovrapposizione di tutti i punti nella porzione di sinistra del rombo, la quale indica una facies "bicarbonato calcica" per tutti e tre i piezometri considerati.

Figura 2-5 - Diagramma di Piper - AV-DE-SO-01, AV-DE-SO-02 e AV-DE-SO-03



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-3** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam e in Corso d'Opera. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra il piezometro di monte e quelli di valle, ad ulteriore conferma dell'omogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-3 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam e corso d'opera						
	AV-DE-SO-01 - Valle					
Data prelievo	23/11/2017	06/02/2018	25/06/2018	21/09/2018	02/12/2019	27/02/2020
Temperatura (°C)	14,8	15,1	16	16,2	15,5	15,3
pH (unità pH)	7,2	7	7,1	7,1	7,3	7
Potenziale Redox (mV)	27	61	39	20	-21	-5
Ossigeno disciolto (mg/l)	1,71	2,99	1,16	1,94	1,5	1,48
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	737	749	744	732	830	931
	AV-DE-SO-02 - Valle					
Data prelievo	23/11/2017	06/02/2018	25/06/2018	21/09/2018	02/12/2019	27/02/2020
Temperatura (°C)	14,7	15	15,9	16,8	15,1	15,7
pH (unità pH)	7,1	6,9	7,1	6,9	7,4	7,0
Potenziale Redox (mV)	45	136	90	70	92	61
Ossigeno disciolto (mg/l)	4,77	4	2,96	4,94	6,24	3,31
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	832	831	827	889	530	980
	AV-DE-SO-03 - Monte					
Data prelievo	23/11/2017	06/02/2018	25/06/2018	21/09/2018	02/12/2019	27/02/2020
Temperatura (°C)	14,6	14,7	16,6	15,7	14,7	15,9
pH (unità pH)	7,1	7	7	6,9	7,2	7,2
Potenziale Redox (mV)	0	154	104	66	43	1
Ossigeno disciolto (mg/l)	5,60	6,81	4,51	5,3	1,52	2,19
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	798	801	812	826	854	805

2.1.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-DE-SO-01 (V), AV-DE-SO-02 (V) e AV-DE-SO-03 (M), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam e Corso d'Opera.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tali piezometri, le

concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione del parametro Manganese (Mn) nella stazione di valle AV-DE-SO-01 nella prima campagna di monitoraggio (62 µg/l) (non più rilevato nelle campagne successive) e del parametro Ferro (Fe) nel medesimo piezometro nell'ultima campagna.

Nella seguente **Tabella 2-4** si riporta una sintesi delle concentrazioni di Ferro e Manganese nelle n.5 sessioni di monitoraggio realizzate, evidenziando i superamenti registrati (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 2-4 - Risultati monitoraggi parametri - AV-DE-SO 01					
	23/11/2017	06/02/2018	25/06/2018	12/09/2018	27/07/2019
Manganese (CSC 50 µg/l)	62	34	23	24	33
Ferro (CSC 200 µg/l)	28	20	23	47	371

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si sintetizzano i superamenti riscontrati.

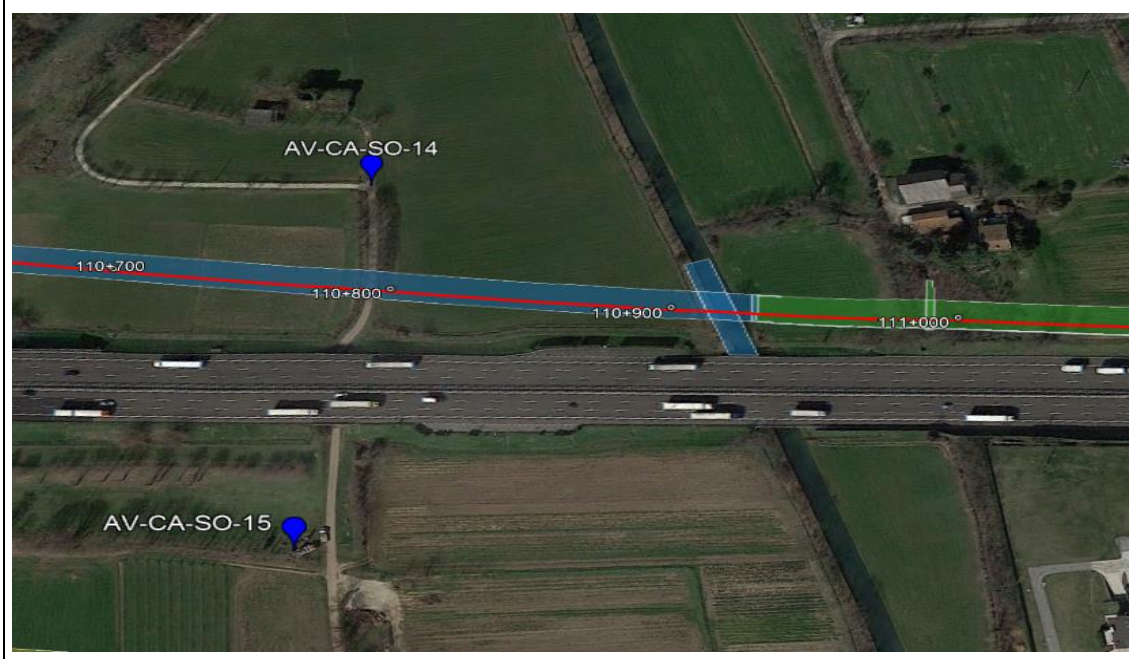
2.2. AV-CA-SO-14 (monte) e AV-CA-SO-15 (valle)

2.2.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I piezometri AV-CA-SO-14 e AV-CA-SO-15 sono ubicati nel comune di Calcinato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-6 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-CA-SO-14	AV-CA-SO-15
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	110+800	110+800
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Calcinato	Calcinato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 609829.94	E: 609792.63
	N: 5035700.05	N: 5035529.80



Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali). I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici. Inoltre, nell'area di Calcinato, sono presenti alcune colline con direzione N-S, appartenenti alla cerchia morenica più esterna dell'Anfiteatro Gardesano.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c.. Infine, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato si rileva la presenza di falde sospese non correlabili fra loro.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-5** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da maggio a dicembre 2018.

Tabella 2-5 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		02/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018
AV-CA-SO-14 (M)	m s.l.m.	107,12	107,78	107,14	107,73
AV-CA-SO-15 (V)	m s.l.m.	103,76	103,36	103,2	102,52
Variazione (M-V)	m	3,36	4,42	3,94	5,21

Dai monitoraggi effettuati si nota che i valori del livello della falda risultano coerenti con la distinzione di monte/valle riportata nel PMA; è quindi possibile indicare il piezometro AV-CA-SO-14 come punto di monte e AV-CA-SO-15 come punto di valle.

2.2.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-7 – Figura 2-8**) e di Piper (**Figura 2-9**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 2-6**.

Tabella 2-6 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-CA-SO 14 e AV-CA-SO 15									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO_4	HCO_3	NO_3
Monte	AV-CA-SO-14	02/05/2018	50,4	14,1	4,3	3	39	176	4
Valle	AV-CA-SO-15	02/05/2018	55	14,9	5,3	4	42	215	5
Monte	AV-CA-SO-14	27/06/2018	122,3	21,4	18,6	4	34	415	21
Valle	AV-CA-SO-15	27/06/2018	54,8	16,5	5,8	3	28	207	6
Monte	AV-CA-SO-14	21/09/2018	56	12,4	7,5	4	28	204	5
Valle	AV-CA-SO-15	21/09/2018	54,4	13,2	5,4	5	30	228	7
Monte	AV-CA-SO-14	04/12/2018	42	9	3,7	3	30	149	4
Valle	AV-CA-SO-15	04/12/2018	45,1	9,5	4,5	3	30	166	4

Figura 2-7 - Diagramma di Schoeller - AV-CA-SO-14

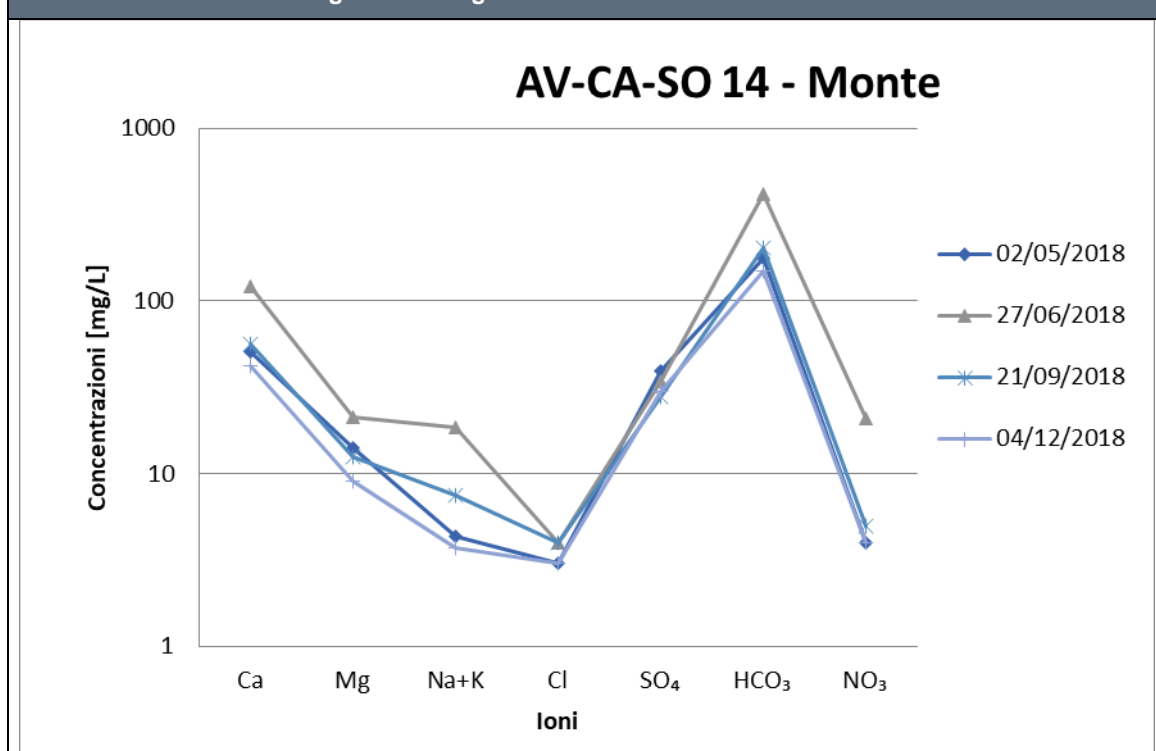
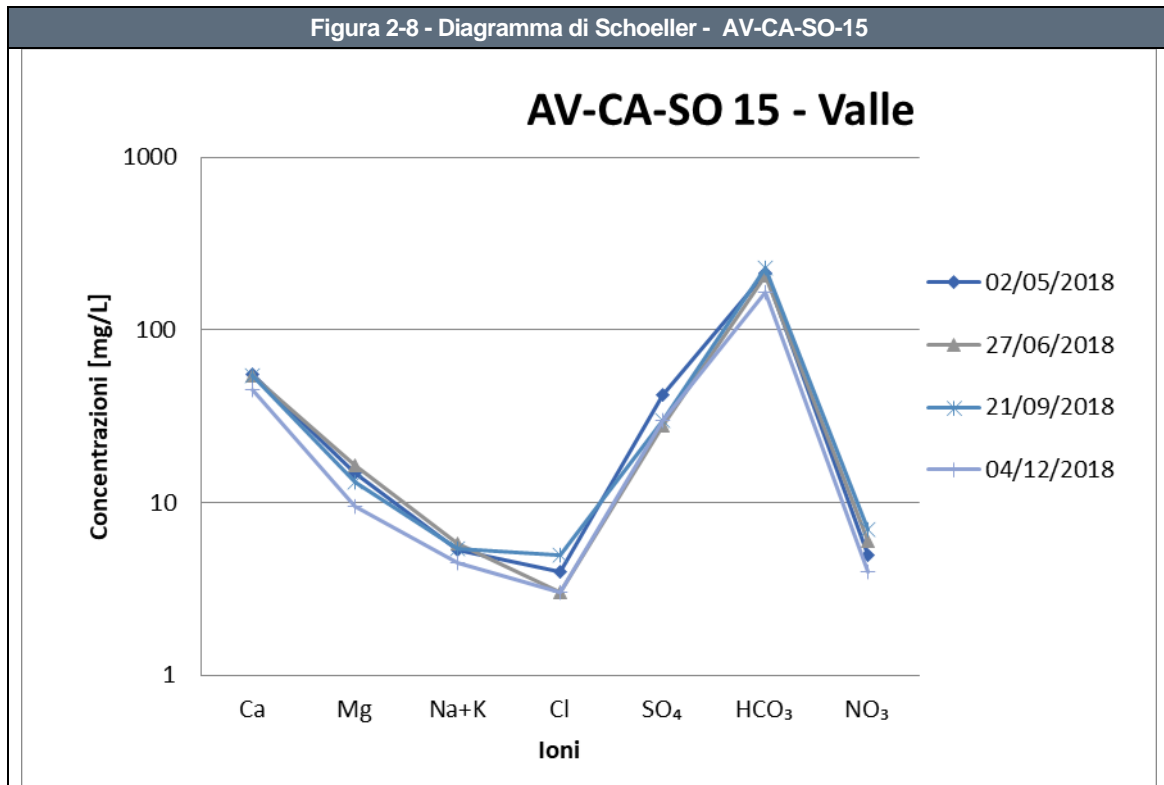


Figura 2-8 - Diagramma di Schoeller - AV-CA-SO-15

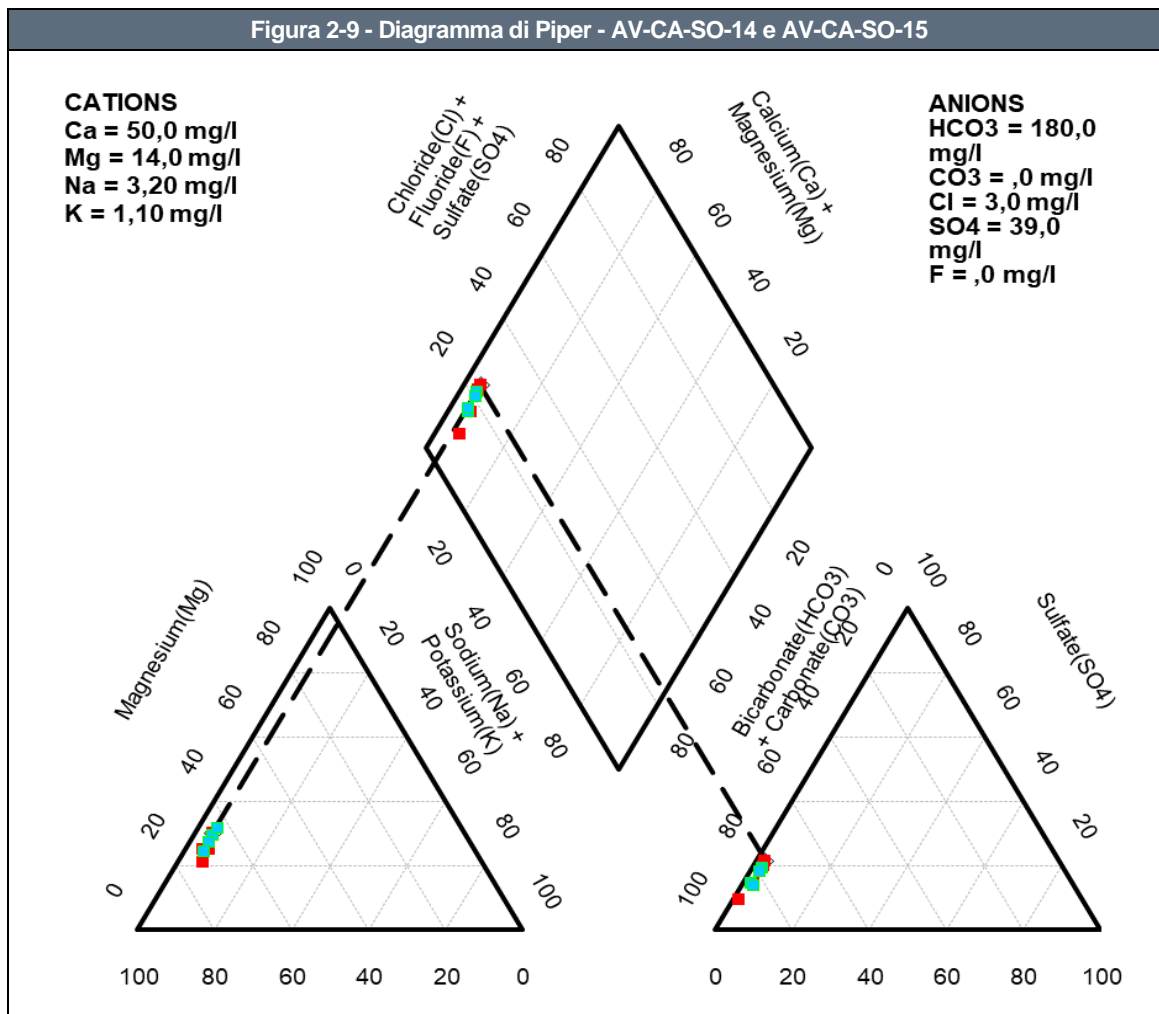


Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, che risultano pressoché sovrapponibili, ad eccezione della campagna di monitoraggio svolta in data 27/06/2018 presso il piezometro di monte.

Le differenze riscontrate non sono però tali da escludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, di conseguenza, si ipotizza che per entrambi i piezometri si tratti di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di monte e in azzurro quelle di valle e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma. Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati.

Figura 2-9 - Diagramma di Piper - AV-CA-SO-14 e AV-CA-SO-15



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-7** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio in fase AO. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra il piezometro di monte e quello di valle, ad ulteriore conferma dell'omogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-7 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-CA-SO-14 Monte				AV-CA-SO-15 Valle			
	02/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018	02/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018
Data prelievo	02/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018	02/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018
Temperatura (°C)	10,6	16,9	18,2	16,9	12,8	14,5	16	16,5
pH (unità pH)	7,3	6,8	7,2	7,4	7,5	7,3	7,3	7,7
Potenziale Redox (mV)	122	117	59	58	102	91	68	40
Ossigeno disciolto (mg/l)	5,85	4,18	3,01	3,59	6,53	3,53	4,84	3,29
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	344	682	383	252	360	350	383	269

2.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-CA-SO-14 (M) e AV-CA-SO-15 (V), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

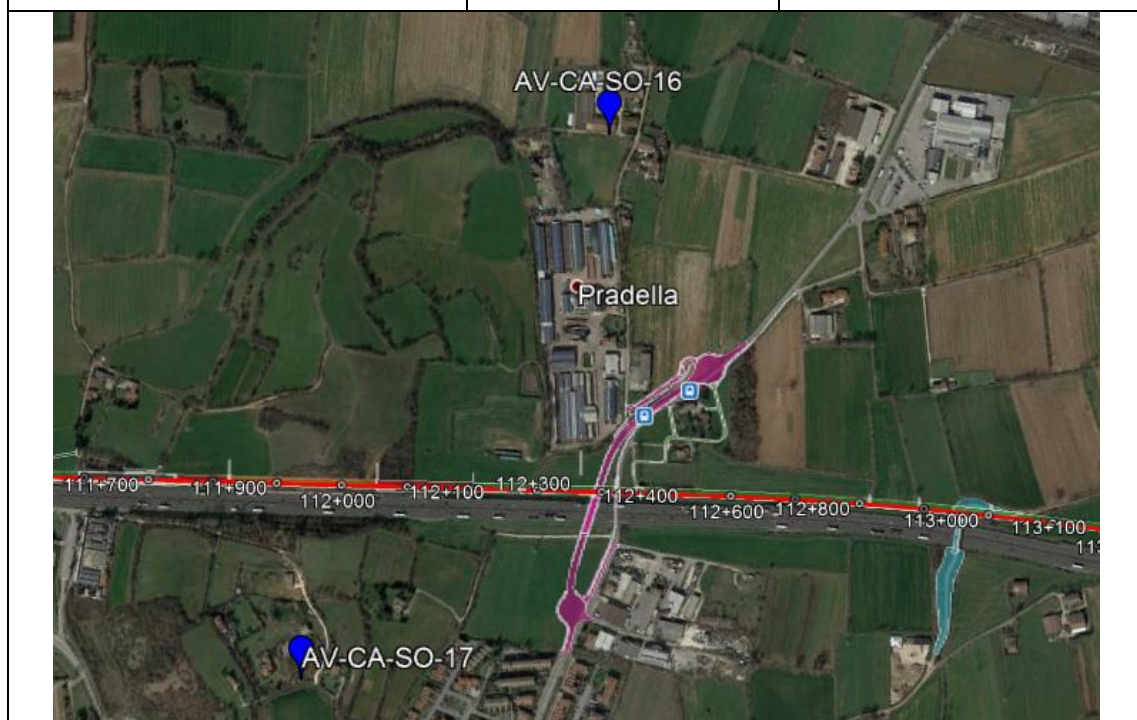
2.4.AV-CA-SO-16 (n.d.) e AV-CA-SO-17 (n.d.)

2.4.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I piezometri AV-CA-SO-16 e AV-CA-SO-17 sono ubicati nel comune di Calcinato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-10 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-CA-SO-16	AV-CA-SO-17
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	111+900	112+400
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Calcinato	Calcinato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 611472.05	E: 610945.43
	N: 5036031.73	N: 5035221.89



Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali). I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici. Inoltre, nell'area di Calcinato, sono presenti alcune colline con direzione N-S, appartenenti alla cerchia morenica più esterna dell'Anfiteatro Gardesano.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c.. Infine, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato si rileva la presenza di falde sospese non correlabili fra loro.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-8** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam svolte da maggio a dicembre 2018.

Tabella 2-8 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		V: 14/05/2018 M: 23/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018
AV-CA-SO-17 (ip:M)	m s.l.m.	146,43	145,22	142,18	145,08
AV-CA-SO-16 (ip:V)	m s.l.m.	120,29	122,71	123,51	120,87
Variazione (M-V)	m	26,14	22,51	18,67	24,21

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra la stazione ipotizzata di monte e quella ipotizzata di valle risultano essere molto significative e coerenti (anche se nel mese di maggio il campionamento presso la stazione di monte e di valle è stato effettuato in due giornate diverse).

Considerata quindi la sostanziale variazione di quota assoluta (con una differenza di circa 20-25 m) rilevabile dalle letture disponibili, non è possibile definire quale sia il monte e quale sia il valle tra le due sezioni considerate ed è possibile anche ipotizzare che non si riferiscano allo stesso acquifero.

2.4.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-11– Figura 2-12**) e di Piper (**Figura 2-13**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam e riassunti in **Tabella 2-9**.

Tabella 2-9 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-CA-SO 17 e AV-CA-SO 16									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-CA-SO-16	14/05/2018	126,4	24,30	9,3	11	41	425	69,00
n.d.	AV-CA-SO-17	23/05/2018	108,1	22,80	14,1	24	20	453	42,00
n.d.	AV-CA-SO-16	27/06/2018	125,8	20,20	11,7	11	38	412	68,00
n.d.	AV-CA-SO-17	27/06/2018	131	22,00	17,8	29	22	461	36,00
n.d.	AV-CA-SO-16	21/09/2018	110,5	19,20	10,6	11	43	375	63,00
n.d.	AV-CA-SO-17	21/09/2018	131,2	22,50	19,9	35	25	452	36,00
n.d.	AV-CA-SO-16	04/12/2018	126,7	19,00	6,7	12	43	450	70,00
n.d.	AV-CA-SO-17	04/12/2018	133,5	20,90	17,9	29	23	477	44,00

Figura 2-11 - Diagramma di Schoeller - AV-CA-SO-17

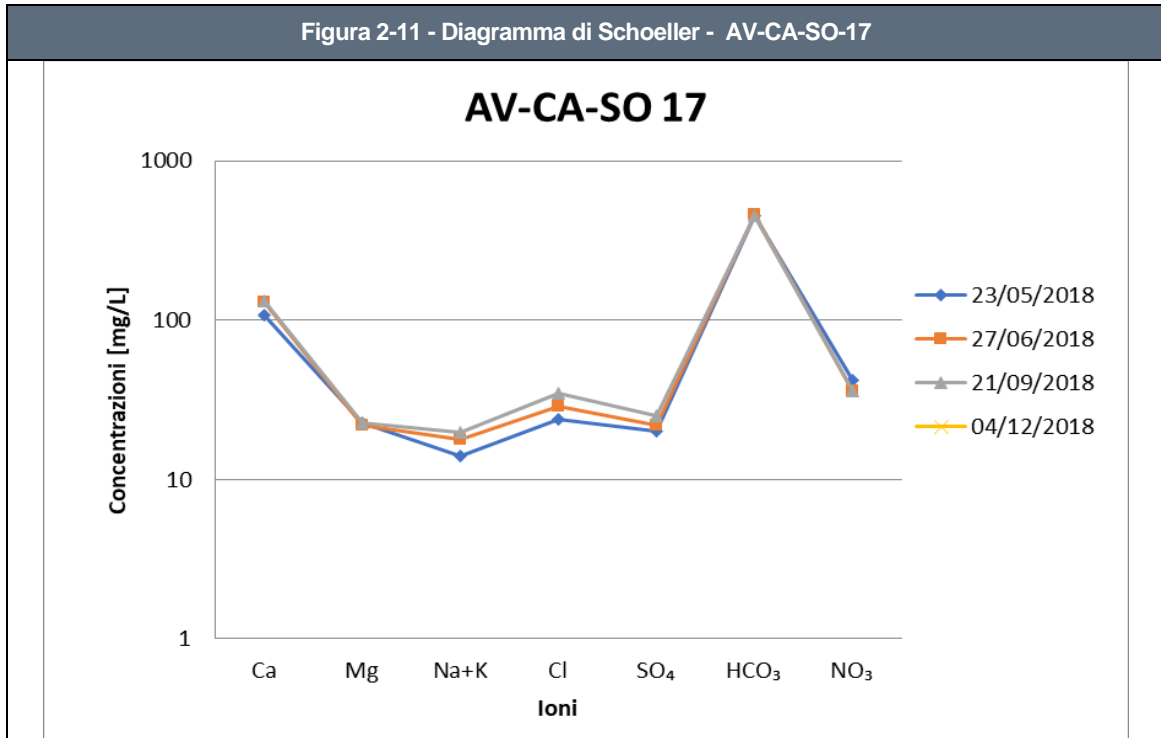
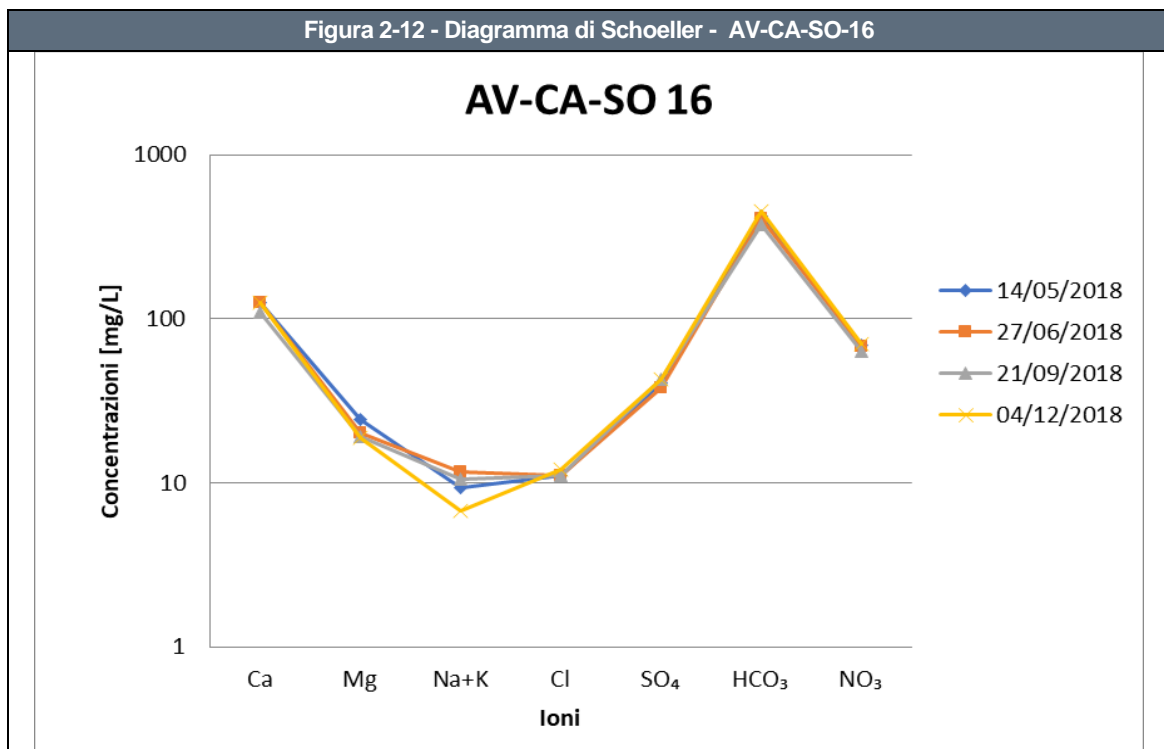


Figura 2-12 - Diagramma di Schoeller - AV-CA-SO-16



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per i due piezometri in esame, si nota che essi non sono sovrapponibili.

Ciò può essere correlato alla differente profondità di installazione dei piezometri, che risulta essere di 80 m da p.c. (fessurato da 27 m a 80 m) per il AV-CA-SO-17 e di 45 m da p.c. (fessurato da 30 m a 45 m) per AV-CA-SO-16 e agli orizzonti di terreno che intercettano.

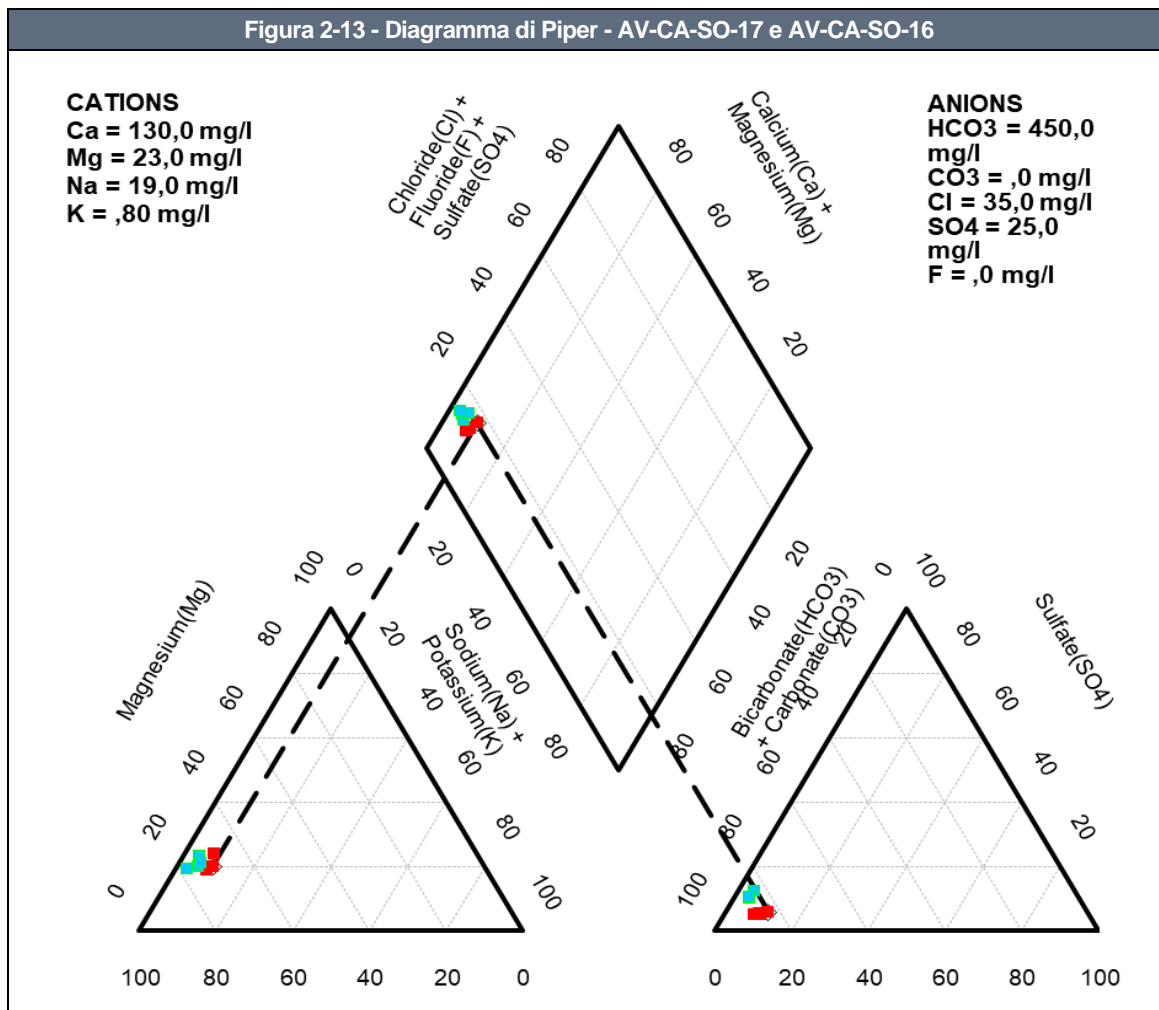
In particolare il piezometro AV-CA-SO-17, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta alternanze di ghiaia e sabbia con ciottoli, da deb. limosa a limosa, localmente deb. argillosa, mentre il piezometro AV-CA-SO-16, da 27 m a 80 m, intercetta uno strato più superficiale di sabbia con ghiaia, da argillosa a con argilla, poi un sottile spessore di limo con argilla, sabbioso e, successivamente, ghiaia da con argilla ad argillosa, sabbiosa, da limosa a deb. limosa.

Di conseguenza, date le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati e considerando anche la sostanziale differenza tra la quota assoluta indicata in **Tabella 2-8**, presso le due stazioni di monitoraggio, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dai due punti sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-CA-SO 17 (indicate in rosso) e di AV-CA-SO 16 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 2-13 - Diagramma di Piper - AV-CA-SO-17 e AV-CA-SO-16



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-10** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i due piezometri, ad ulteriore conferma dell'omogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-10 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-CA-SO-17				AV-CA-SO-16			
	14/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018	23/05/2018	27/06/2018	21/09/2018	04/12/2018
Temperatura (°C)	15,3	15,9	14,9	14,7	16,0	16,8	15,8	15,2
pH (unità pH)	6,8	6,8	7	7,1	6,9	6,9	6,8	6,7
Potenziale Redox (mV)	89	130	60	59	81	116	42	55
Ossigeno disciolto (mg/l)	5,49	2,62	2,99	3,8	0,43	3,73	3,3	3,69
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	771	749	680	652	738	794	841	737

2.4.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-CA-SO-17 e AV-CA-SO-16, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione del parametro Manganese (Mn) per AV-CA-SO-16 nella prima campagna di monitoraggio (125 µg/l); tale valore non è stato rilevato nelle campagne successive.

Nella seguente **Tabella 2-11** si riporta una sintesi delle concentrazioni di manganese nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 2-11 - Risultati monitoraggi parametri				
	25/05/2018	27/06/2018	21/06/2018	04/12/2018
Manganese (CSC 50 µg/l)	125	17	<5	<5

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si indica il superamento riscontrato per il parametro manganese.

2.5.AV-LO-SO-18 (monte) e AV-CA-SO-19 (valle)

2.5.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Il piezometro AV-LO-SO-18 ricade nel territorio comunale di Lonato (BS) mentre AV-CA-SO-19 è ubicato nel comune di Calcinato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-14 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-LO-SO-18	AV-CA-SO-19
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	113+900	113+900
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Lonato	Calcinato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 612940.50	E: 612786.65
	N: 5035257.63	N: 5034890.26



Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali). I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c.. Infine, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato si rileva la presenza di falde sospese non correlabili fra loro.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-12** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio AO svolte da maggio a dicembre 2018 e in Corso d'Opera (CO) a luglio 2019 e febbraio 2020.

Tabella 2-12 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam e in corso d'opera

Piezometro	Udm	Data rilievo					
		M: 23/05/2018 V: 02/05/2018	M: 27/06/2018 V: 26/06/2018	M: 21/09/2018 V: 20/09/2018	04/12/2018	22/07/2019	26/02/2020
AV-LO-SO-18 (M)	m s.l.m.	87,6	86,29	93,38	91,29	92,53	91,89
AV-CA-SO-19 (V)	m s.l.m.	85,79	88,11	91,65	89,41	90,27	89,66
Variazione (M-V)	m	1,81	-1,82	1,73	1,88	2,26	2,23

Dai monitoraggi effettuati si nota che i valori del livello della falda risultano coerenti con la distinzione stazione di monte/valle riportata nel PMA, ovvero considerando il piezometro AV-LO-SO-18 di monte e AV-CA-SO-19 di valle. Fa eccezione la seconda campagna di monitoraggio in cui risulta esserci un'inversione delle stazioni.

Il dato di livello di falda riportato nel verbale di campionamento (m p.c.) ed utilizzato per il calcolo del livello in m s.l.m. risulta non essere in linea con gli altri. Questa 'anomalia' può essere ritenuta un *outlier*; il monitoraggio successivo (fase CO) infatti mostra un andamento in linea con quello delle altre tre campagne di AO. Si precisa anche che i campionamenti nei mesi di maggio, giugno e settembre, sono stati effettuati due giornate diverse, presso la stazione di monte e di valle.

2.5.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-15– Figura 2-16**) e di Piper (**Figura 2-17**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nelle fasi AO e CO e riassunti in **Tabella 2-13**.

Tabella 2-13 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di AO e CO

AV-LO-SO 18 e AV-CA-SO 19									
Tipo punto	Nome	Data	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Monte	AV-LO-SO-18	02/05/2018	113,1	29,2	7,7	15	31	392	69
Valle	AV-CA-SO-19	02/05/2018	103,4	24,4	6,9	14	30	365	26
Monte	AV-LO-SO-18	26/06/2018	120,9	32,2	8	14	30	392	60
Valle	AV-CA-SO-19	26/06/2018	109,6	28,6	8	10	28	376	46
Monte	AV-LO-SO-18	20/09/2018	115,7	27,5	10,3	15	35	392	81
Valle	AV-CA-SO-19	20/09/2018	116,1	26,7	8,1	14	43	384	82
Monte	AV-LO-SO-18	04/12/2018	113,1	23,1	7,1	14	40	375	75
Valle	AV-CA-SO-19	04/12/2018	116	22,9	7	14	38	378	64
Monte	AV-LO-SO-18	22/07/2019	-	-	-	-	31	-	-
Valle	AV-CA-SO-19	22/07/2019	-	-	-	-	30	-	-
Monte	AV-LO-SO-18	26/02/2020	123	24,3	7,8	13	44	377	73
Valle	AV-CA-SO-19	26/02/2020	124	23,8	7,2	13	49	374	74

Figura 2-15 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-18

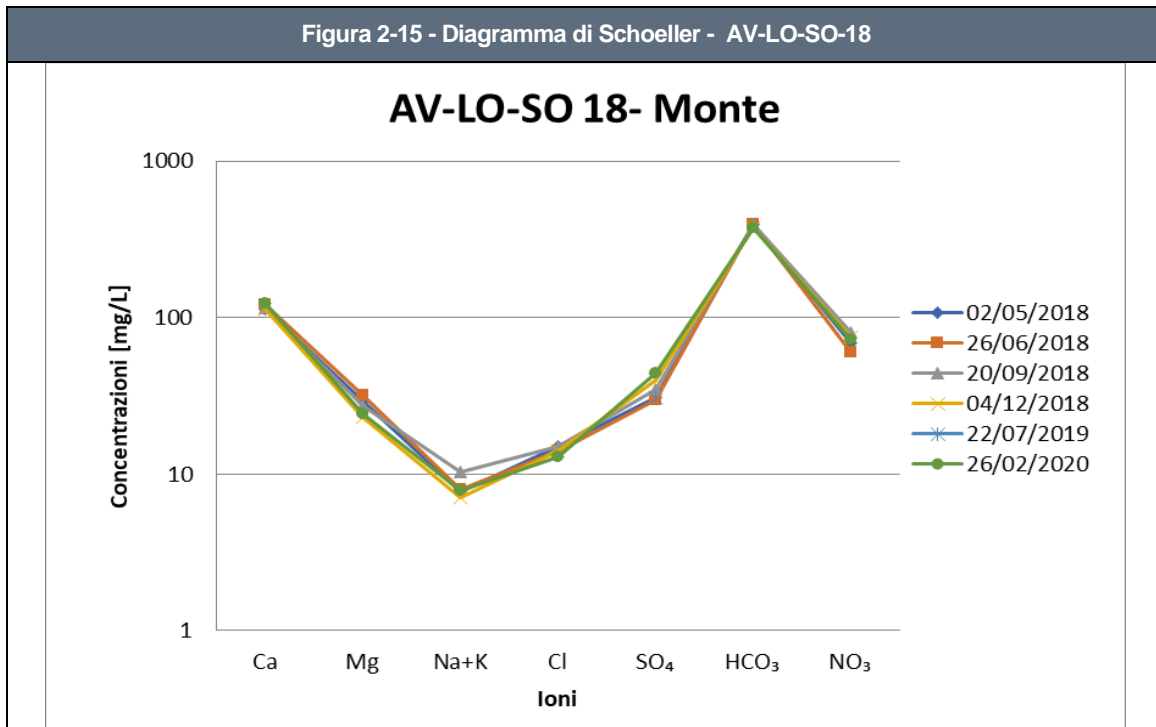
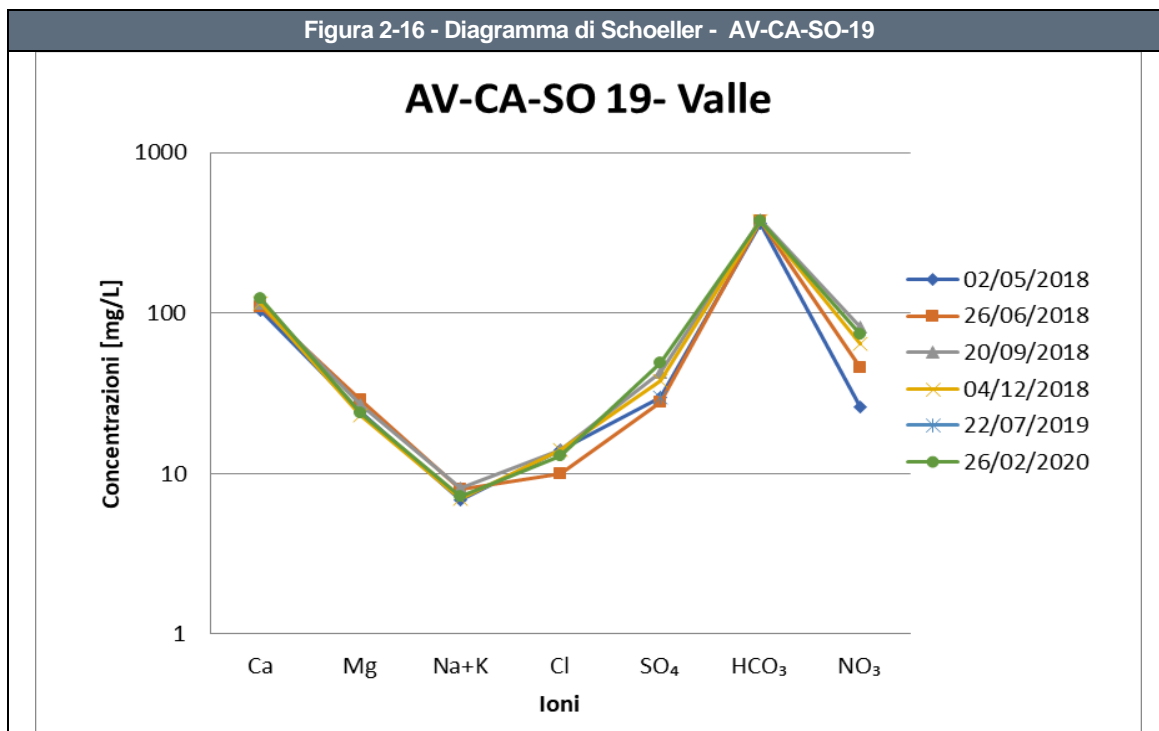


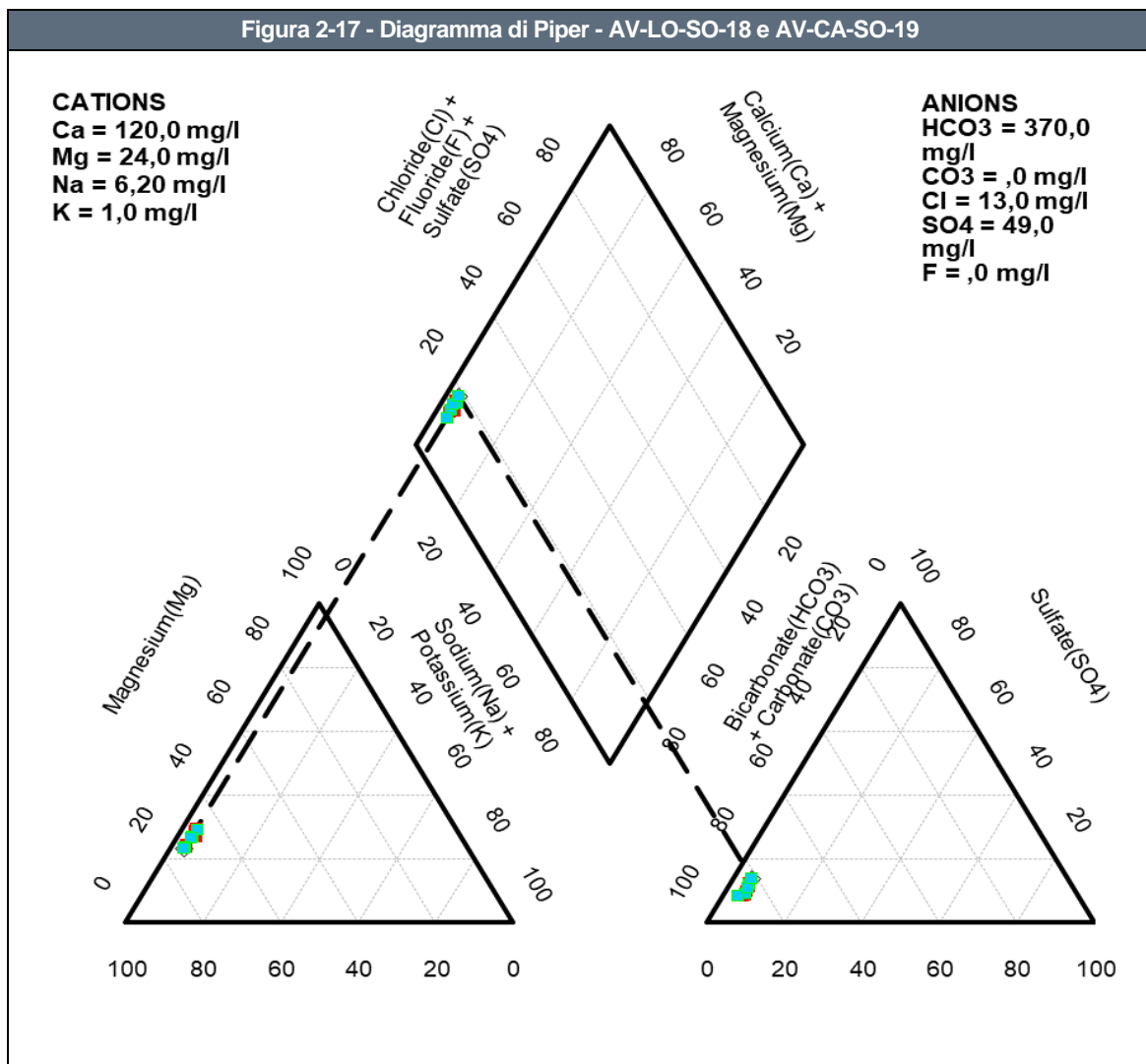
Figura 2-16 - Diagramma di Schoeller - AV-CA-SO-19



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, che risultano pressoché sovrapponibili, si può concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di monte e in azzurro quelle di valle e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-14** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio AO e CO. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra il piezometro di monte e quello di valle, ad ulteriore conferma dell'omogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-14 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO e CO -parte I					
	AV-LO-SO-18 Monte				
Data prelievo	02/05/2018	26/06/2018	20/09/2018	04/12/2018	26/02/2020
Temperatura (°C)	16,1	17,9	16,6	15,4	15,4
pH (unità pH)	7,0	6,8	6,9	7,2	7
Potenziale Redox (mV)	119	112	76	62	111
Ossigeno disciolto (mg/l)	5,71	4,61	6,05	5,16	5,97
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	720	720	735	650	770
Tabella 2-14 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO e CO -parte II					
	AV-CA-SO-19 Valle				
Data prelievo	02/05/2018	26/06/2018	20/09/2018	04/12/2018	26/02/2020
Temperatura (°C)	16,5	19	17,5	16,3	16,3
pH (unità pH)	7,0	7	7	7,1	7,3
Potenziale Redox (mV)	111	106	65	64	95
Ossigeno disciolto (mg/l)	5,83	4,66	5,56	4,44	6,01
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	631	651	738	637	786

2.5.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-LO-SO-18 (M) e AV-CA-SO-19 (V), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di AO e CO.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

2.6.AV-LO-SO-20 (n.d.) e AV-LO-SO-21 (n.d.)

2.6.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame ricadono nel territorio comunale di Lonato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-18 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-LO-SO-20	AV-LO-SO-21
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	115+600	115+700
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Lonato	Lonato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 614521.79	E: 614528.28
	N: 5034806.52	N: 5034510.68



Dal punto di vista geomorfologico, l'area è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali).

I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c..

Infine, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato si rileva la presenza di falde sospese non correlabili fra loro.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-15** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio AO svolte da aprile a dicembre 2018 e in CO da luglio 2019 a febbraio 2020.

Tabella 2-15 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam e in corso d'opera (parte I)					
Piezometro	Udm	Data rilievo (AO)			
		M: 30/04/2018 V: 23/05/2018	M: 26/06/2018 V: 27/06/2018	M: 20/09/2018 V: 21/09/2018	M: 05/12/2018 V: 04/12/2018
AV-LO-SO-20 (ip:M)	m s.l.m.	84,85	85,13	87,33	86,6
AV-LO-SO-21 (ip:V)	m s.l.m.	83,75	asciutto	86,94	86,48
Variazione (M-V)	m	1,1	n.d.	0,39	0,12

Tabella 3-19 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam e in corso d'opera (parte II)							
Piezometro	Udm	Data rilievo (CO)					
		22/07/2019	28/10/2019	02/12/2019	19/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
AV-LO-SO-20 (ip:M)	m s.l.m.	85,26	86,72	86,39	86,85	87,14	86,78
AV-LO-SO-21 (ip:V)	m s.l.m.	84,86	86,63	86,18	86,5	87,07	86,74
Variazione (M-V)	m	0,4	0,09	0,21	0,35	0,07	0,04

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra i livelli di AV-LO-SO-20 e di AV-LO-SO-21 risultano essere limitate ma coerenti (anche se nella fase AO i campionamenti sono avvenuti in

giornate diverse per la stazione di monte e quella di valle) ad eccezione dei valori rilevati nella seconda campagna di monitoraggio in cui il piezometro AV-LO-SO-21 risultava asciutto/non campionabile. Nelle prime quattro campagne di monitoraggio della fase di CO i valori rilevati del livello di falda per il piezometro AV-LO-SO-21 sono in linea con i valori delle ultime due campagne di AO e quindi si può ritenere il valore della seconda campagna come un'anomalia. Inoltre, si potrebbero considerare tali risultati coerenti con la distinzione stazione di monte/valle riportata nel PMA, ovvero considerando il piezometro AV-LO-SO-20 di monte e AV-LO-SO-21 di valle. Dallo studio idrogeologico emerge però che tali stazioni sono ubicate sulla medesima isopiezometrica e di conseguenza non è possibile definire quale sia il rapporto M/V tra essi.

2.6.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-19**– Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.) e di Piper (**Figura 2-21**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nelle fasi AO e CO e riassunti in **Tabella 2-16**.

Tabella 2-16 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di AO e CO

AV-LO-SO 20 e AV-LO-SO 21									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-LO-SO-20	30/04/2018	64,8	19	6,9	4	26	282	8
n.d.	AV-LO-SO-21	30/04/2018	96,1	27,8	13,6	27	34	346	56
n.d.	AV-LO-SO-20	26/06/2018	64,1	26,2	6,3	3	24	306	5
n.d.	AV-LO-SO-21	26/06/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-20	20/09/2018	75,3	22,7	6,9	9	30	312	13
n.d.	AV-LO-SO-21	20/09/2018	96,7	28	14,3	27	31	361	45
n.d.	AV-LO-SO-20	05/12/2018	74,4	20,3	6	6	24	307	11
n.d.	AV-LO-SO-21	05/12/2018	82,3	23,4	10,1	19	28	324	28
n.d.	AV-LO-SO-20	22/07/2019	68,7	24,2	5,9	4	23	291	8
n.d.	AV-LO-SO-21	22/07/2019	97,9	30,2	14,8	32	30	352	44
n.d.	AV-LO-SO-20	28/10/2019	76,3	20,2	6	8	25	293	16
n.d.	AV-LO-SO-21	28/10/2019	92,2	25,2	13,3	30	29	333	38

Tabella 2-16 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di AO e CO

AV-LO-SO 20 e AV-LO-SO 21									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-LO-SO-20	02/12/2019	71,9	20,2	5,9	6	24	287	11
n.d.	AV-LO-SO-21	02/12/2019	100,8	27,4	15,1	33	30	341	41
n.d.	AV-LO-SO-20	19/12/2019	68,3	17,3	4,8	7	26	297	12
n.d.	AV-LO-SO-21	19/12/2019	86,5	23,3	14,6	33	30	340	41
n.d.	AV-LO-SO-20	27/01/2020	78,2	18,8	5,4	8	26	299	16
n.d.	AV-LO-SO-21	27/01/2020	97,6	24,2	13,6	32	31	340	40
n.d.	AV-LO-SO-20	25/02/2020	75,9	17,9	4,9	7	24	286	13
n.d.	AV-LO-SO-21	25/02/2020	86,7	21,3	8,9	20	27	304	25

Figura 2-19 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-20

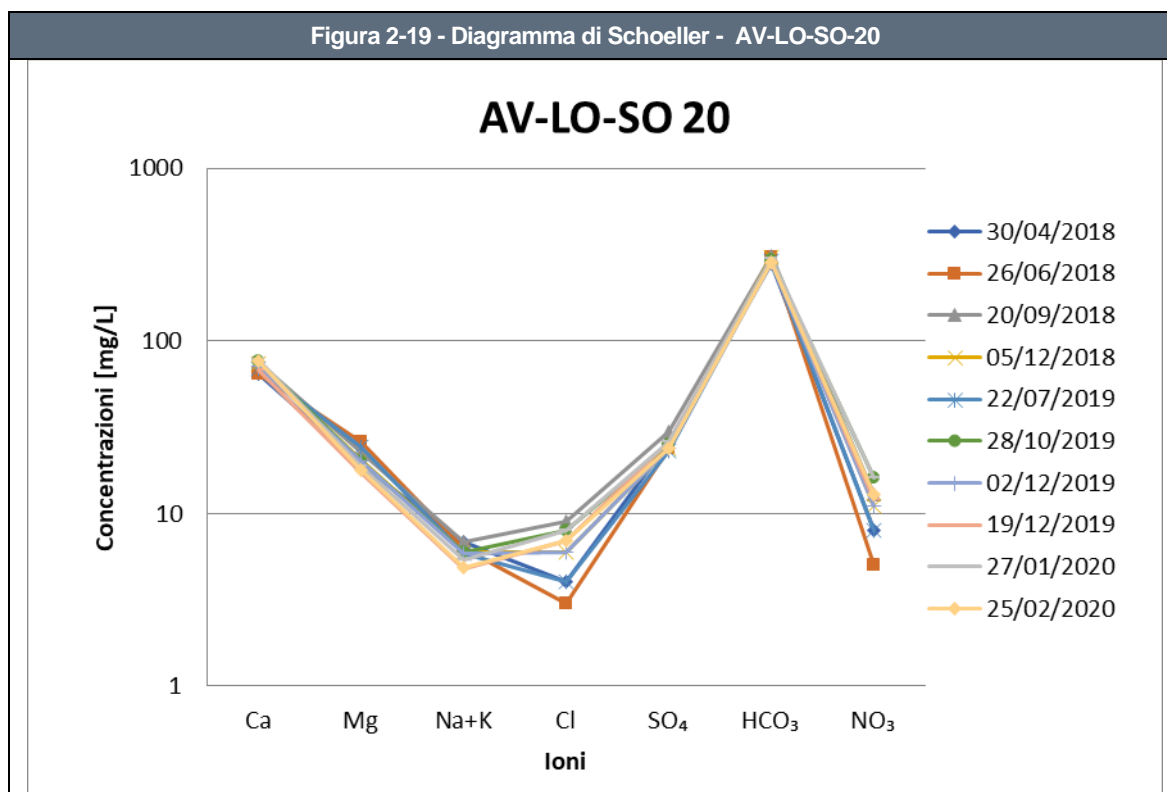
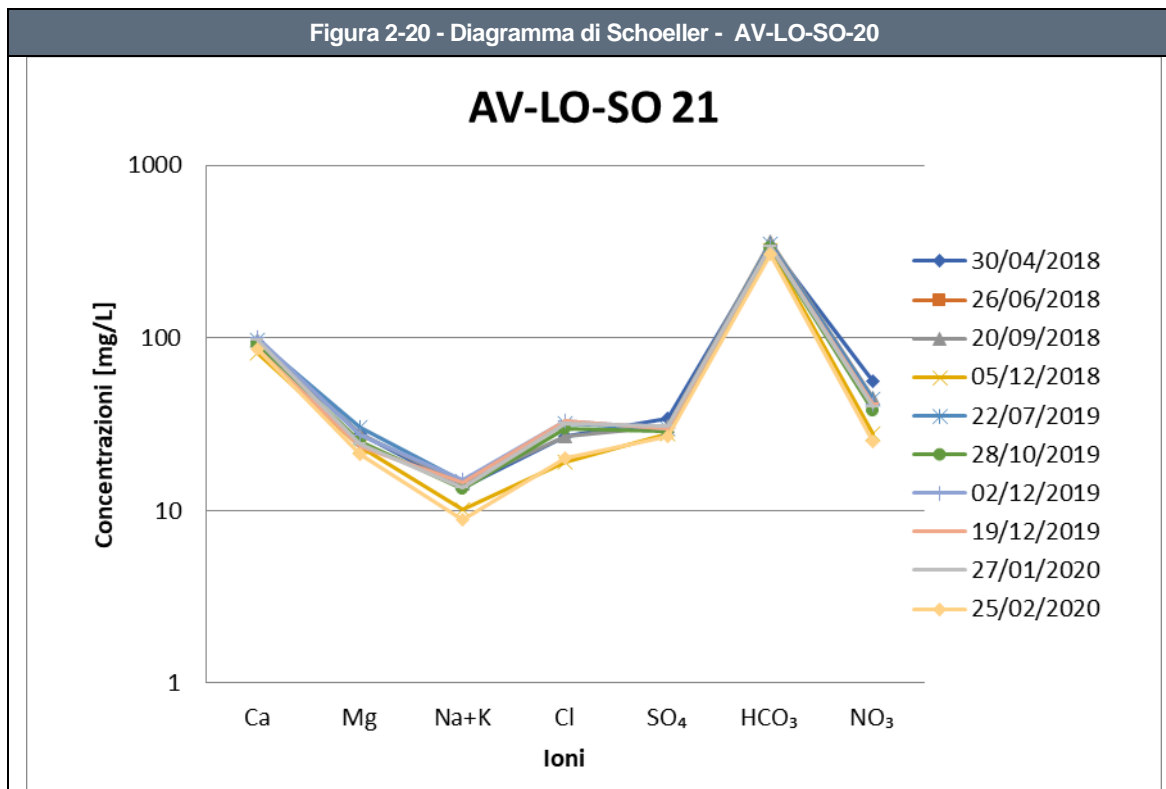


Figura 2-20 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-20



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni considerate, si nota che essi non sono sovrapponibili, in riferimento soprattutto ai parametri $\text{Na}^+\text{+K}^+$, Cl^- e NO_3^- .

In tal caso la profondità di installazione dei piezometri risulta la medesima per entrambi i piezometri (70 m da p.c.) con un tratto fessurato comparabile, (da 51 m a 70 m per il AV-LO-SO-20 e da 55 m a 70 m) per AV-LO-SO-21. Anche gli orizzonti di terreno intercettati dal tratto fessurato sono simili: ghiaia con sabbia, limosa, argillosa e rari ciottoli per il AV-LO-SO-20 e sabbia da ghiaia a ghiaiosa, da argillosa a con argilla, limosa, rari ciottoli per il AV-LO-SO-21.

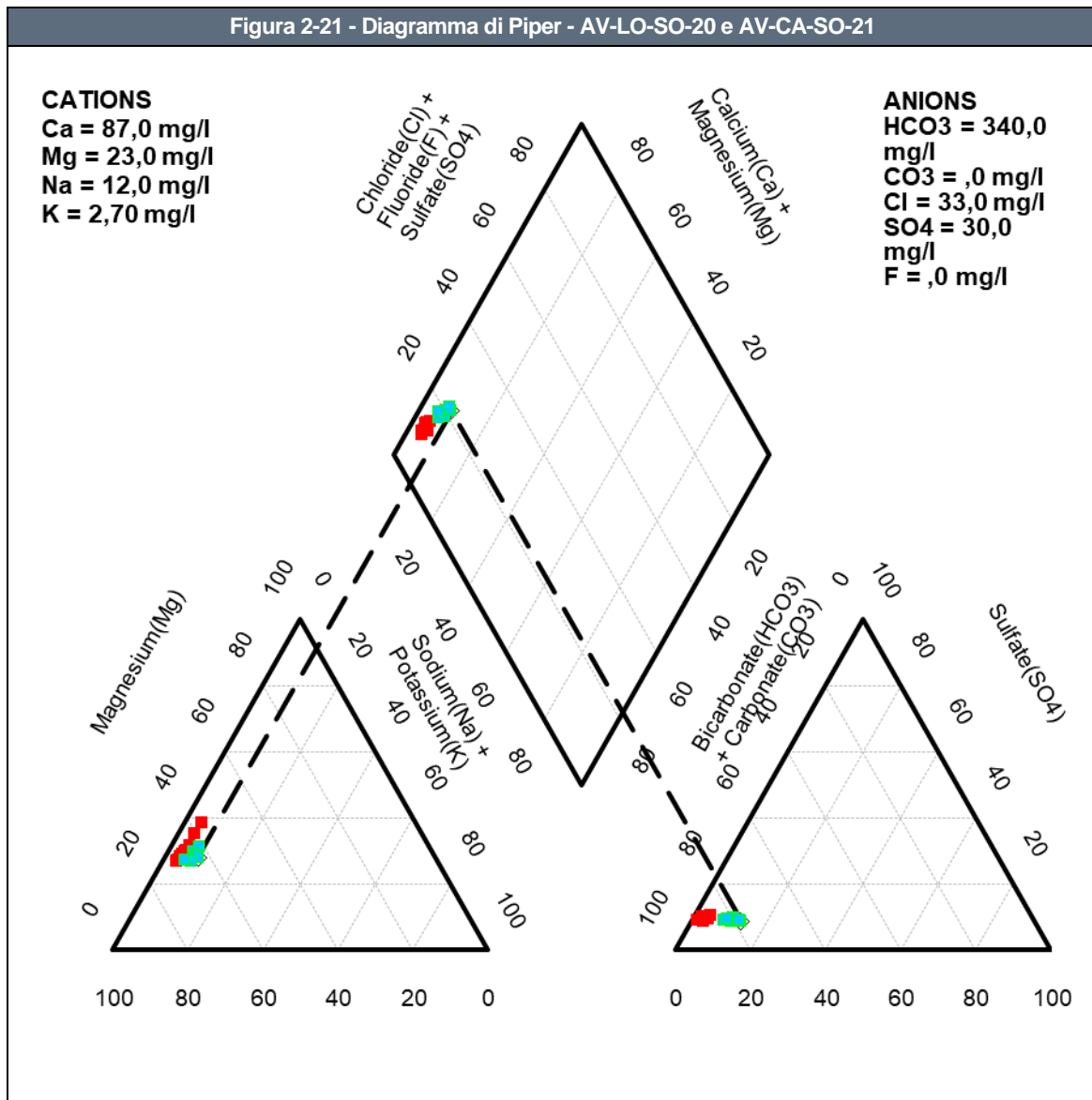
Si può ipotizzare che la presenza di valori maggiori di ioni Cloruro presso il piezometro AV-LO-SO-21 sia dovuta alla contaminazione di Tetracloroetilene (vedi **Paragrafo 3.6.2**), che risulta interessare anche il piezometro AV-LO-SO-20, ma in concentrazioni minori.

Date che però le differenze tra le concentrazioni degli altri ioni considerati, presso i due punti di monitoraggio, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dai due punti sia la medesima, ovvero un'acqua a

dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-LO-SO-20 (indicate in rosso) e di AV-LO-SO-21 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies “bicarbonato-calcica” per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile indicare in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-17** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio AO e CO.

Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i due piezometri, ad ulteriore conferma dell'omogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-17 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO e CO -parte I

	AV-LO-SO-20									
Data prelievo	30/04/2018	26/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	22/07/2019	28/10/2019	02/12/2019	19/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Temperatura (°C)	16,9	21,2	19,1	16,1	17,7	16,6	17	16,6	16,5	16,9
pH (unità pH)	7,2	7,4	7,2	7,4	7,2	7,4	7,5	7,2	7,3	7,2
Potenziale Redox (mV)	47	53	71	67	143	90	95	80	106	50
Ossigeno disciolto (mg/l)	3,67	2,27	3,93	4,7	7,84	6,54	5,75	6,04	5,78	6,25
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	444	447	513	440	481	447	498	515	525	494

Tabella 2-17- Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO e CO -parte II

	AV-LO-SO-21									
Data prelievo	30/04/2018	26/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	22/07/2019	28/10/2019	02/12/2019	19/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Temperatura (°C)	16,4	-	18,3	15,8	18	16,5	16,7	15,6	16,2	16,5
pH (unità pH)	7,0	-	7,1	7,3	7,4	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2
Potenziale Redox (mV)	67	-	71	71	139	102	97	76	94	61
Ossigeno disciolto (mg/l)	5,60	-	5,24	4,7	9,05	8,37	6,41	5,13	6,4	6,12
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	688	-	695	542	727	591	712	705	705	605

2.6.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-LO-SO-20 e AV-LO-SO-21, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di AO e CO.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, sono stati rilevati frequenti superamenti per il parametro Tetracloroetilene, in concentrazioni maggiori in AV-LO-SO-21 e minori in AV-LO-SO-20 (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Nella seguente **Tabella 2-18** si riporta una sintesi delle concentrazioni di Tetracloroetilene nelle n.10 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamenti registrati.

Tabella 2-18 - Risultati monitoraggi parametri										
AV-LO-SO-20										
Parametro	30/04/2018	26/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	22/07/2019	28/10/2019	02/12/2019	19/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Tetracloroetilene (CSC 1,1 µg/l)	1,5	0,2	1,8	2,9	1	2,9	1,6	1,9	3	2,1
AV-LO-SO-21										
Parametro	30/04/2018	26/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	22/07/2019	28/10/2019	02/12/2019	19/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Tetracloroetilene (CSC 1,1 µg/l)	4	-	3	3,9	3,7	3,3	3,4	3,3	4,2	3,4

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si sintetizzano i superamenti riscontrati.

2.7. AV-LO-SO-22 (n.d.) e AV-LO-SO-23 (n.d.)

2.7.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame ricadono nel territorio comunale di Lonato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-22 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-LO-SO-22	AV-LO-SO-23
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	118+100	118+200
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Lonato	Lonato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 616969.76	E: 617007.06
	N: 5034216.99	N: 5034097.22



Dal punto di vista geomorfologico, l'area è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali).

I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c..

Infine, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato si rileva la presenza di falde sospese non correlabili fra loro.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-19** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio AO svolte da aprile a dicembre 2018 e nel mese di gennaio 2019.

Tabella 2-19 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam						
Piezometro	Udm	Data rilievo (AO)				
		30/04/2018	26/06/2018	28/09/2018	05/12/2018	07/01/2019
AV-LO-SO-22 (ip:M)	m s.l.m.	135,24	135,06	asciutto	132,44	132,97
AV-LO-SO-23 (ip:V)	m s.l.m.	asciutto	asciutto	115,66	115,53	asciutto
Variazione (M-V)	m	n.d.	n.d.	n.d.	16,91	n.d.

La tabella mostra l'esistenza di una situazione idrogeologica molto instabile, con evidenti ampie oscillazioni stagionali nei livelli freatici. Solo nella sessione di dicembre 2018 sono infatti disponibili i livelli della falda in entrambi i piezometri, poiché AV-LO-SO-23 è spesso risultato asciutto, ovvero con tempi di ricarica molto lunghi, per cui non è stato possibile effettuare un campionamento in dinamico. I piezometri con tempi di ricarica lunghi sono considerati "asciutti" per cui non viene riportato il livello di falda.

Considerata la sostanziale variazione di quota assoluta (con una differenza di circa 17 m) rilevabile dalla lettura disponibile, non è possibile definire quale sia il monte e quale sia il valle tra le due sezioni considerate ed è possibile anche ipotizzare che non si riferiscano allo stesso acquifero. Dallo studio idrogeologico, a conferma di quanto riportato sopra, emerge che i piezometri in esame si riferiscono a falde sospese differenti.

2.7.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

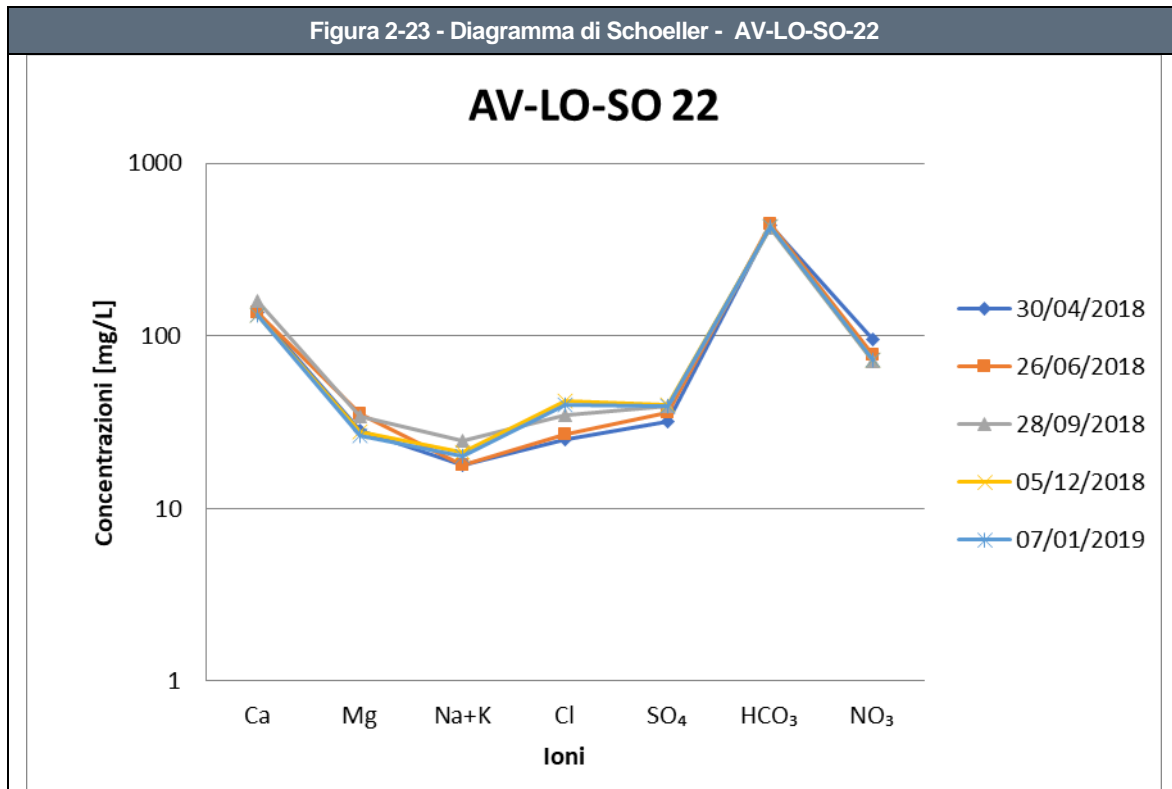
Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-23**) e di Piper (**Figura 2-40**), per il piezometro AV-LO-SO 22, ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nella fase AO e riassunti **Tabella 2-20**.

Tabella 2-20 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di AO

AV-LO-SO 22 e AV-CA-SO 23									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-LO-SO-22	30/04/2018	137,2	28,1	18	25	32	437	95
n.d.	AV-CA-SO-23	30/04/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-22	26/06/2018	137,1	35,6	17,9	27	36	442	78
n.d.	AV-CA-SO-23	26/06/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-22	28/09/2018	159,7	34	24,5	35	39	425	71
n.d.	AV-CA-SO-23	28/09/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-22	05/12/2018	132,2	28	21,1	42	40	430	73
n.d.	AV-CA-SO-23	05/12/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-22	07/01/2019	131,6	26,6	20	40	39	432	73
n.d.	AV-CA-SO-23	07/01/2019	-	-	-	-	-	-	-

Il piezometro AV-LO-SO-23 è sempre risultato asciutto, ovvero con tempi di ricarica lunghi per cui non è mai stato possibile effettuare un campionamento dinamico. A seguire si riportano solo i risultati ottenuti per il piezometro AV-LO-SO-22.

Figura 2-23 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-22

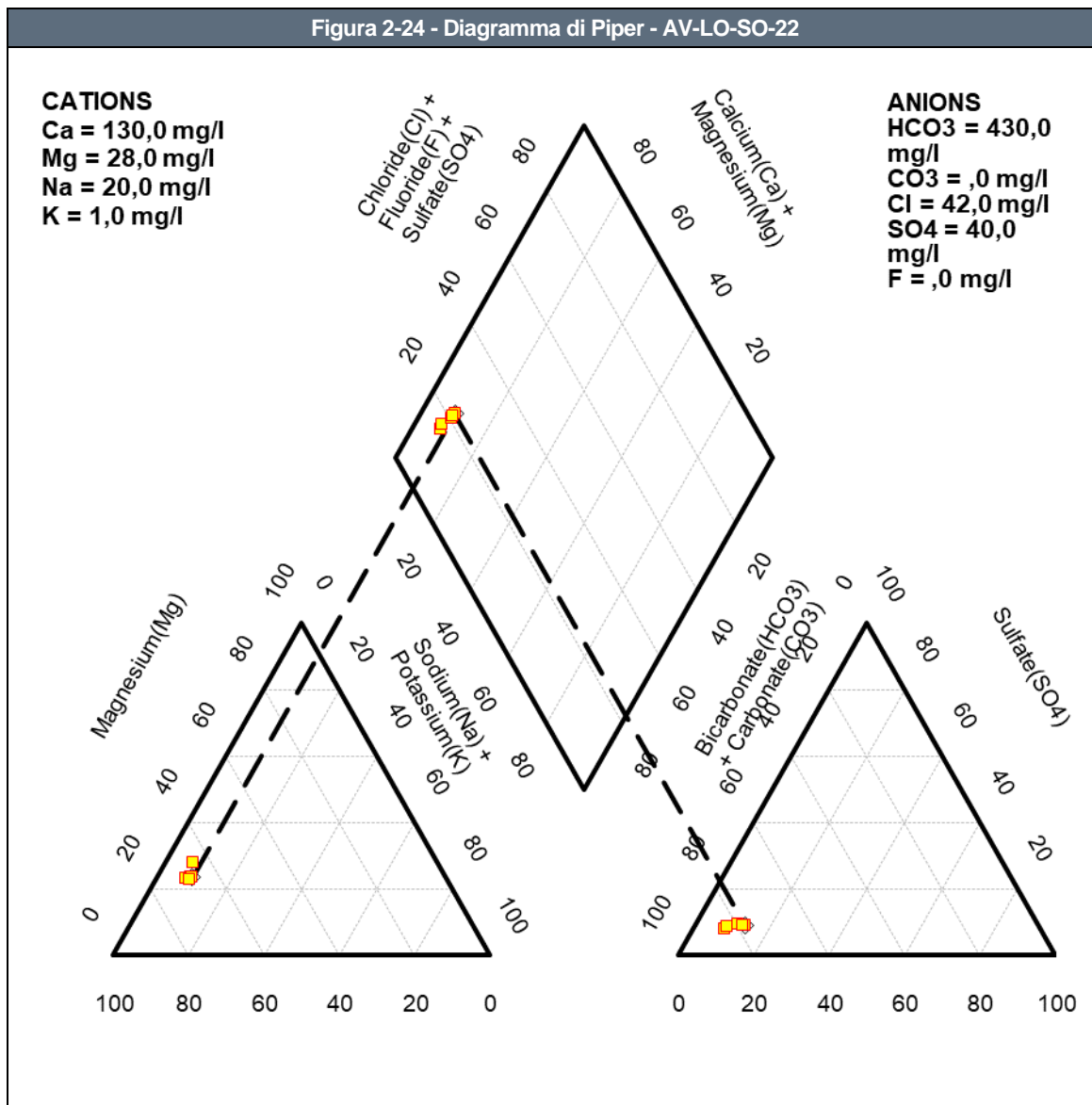


Osservando nel grafico sopra riportato relativo alla stazione AV-LO-SO-22 la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi, che risultano pressoché sovrapponibili, si può concludere che per AV-LO-SO-22 si tratti di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in giallo sono riportate le concentrazioni del piezometro in esame e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per il piezometro AV-LO-SO-22.

Figura 2-24 - Diagramma di Piper - AV-LO-SO-22



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-21** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso il piezometro AV-LO-SO-22 nelle diverse campagne di monitoraggio AO. Non si osservano significative variazioni stagionali nelle caratteristiche chimico-fisiche delle acque analizzate.

Tabella 2-21 - Risultati monitoraggio parametri chimico fisici - fase di AO

	AV-LO-SO-22				
	30/04/2018	26/06/2018	28/09/2018	05/12/2018	07/01/2019
Data prelievo	30/04/2018	26/06/2018	28/09/2018	05/12/2018	07/01/2019
Temperatura (°C)	16,3	16,9	15,8	15,7	15,4

Tabella 2-21 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO

	AV-LO-SO-22				
Data prelievo	30/04/2018	26/06/2018	28/09/2018	05/12/2018	07/01/2019
pH (unità pH)	6,8	6,9	6,9	7	7,2
Potenziale Redox (mV)	87	121	61	71	99
Ossigeno disciolto (mg/l)	4,90	3,71	1,39	4,33	4,69
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	866	847	854	783	777

2.7.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-LO-SO-22 e AV-LO-SO-23, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam (in tal caso i dati sono disponibili per il solo piezometro AV-LO-SO-22).

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per il piezometro in parola, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Non è tuttavia possibile fare un confronto tra le due stazioni di monitoraggio per individuare possibili contributi da parte del sito ad eventuali stati di contaminazione.

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera solo se in futuro il piezometro AV-LO-SO-23 sarà campionabile.

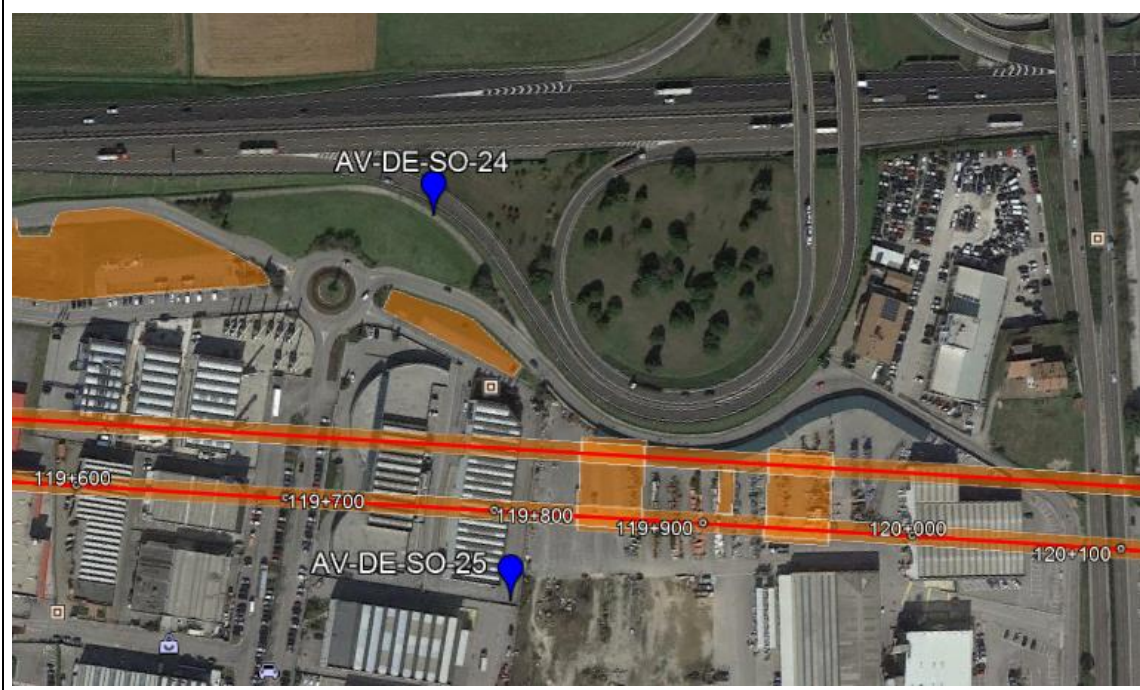
2.8.AV-DE-SO-24 (n.d.) e AV-DE-SO-25 (n.d.)

2.8.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame ricadono nel territorio comunale di Desenzano del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-25 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-DE-SO-24	AV-DE-SO-25
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	119+800	119+800
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Desenzano del Garda	Desenzano del Garda
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 618614.64	E: 618623.80
	N: 5034011.35	N: 5033824.68



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio-lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli mal definiti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate.

I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda. I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-22** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio AO svolte da giugno 2018 a febbraio 2019.

Tabella 2-22 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam e in corso d'opera (parte I)					
Piezometro	Udm	Data rilievo (AO)			
		28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019
AV-DE-SO-24 (ip:M)	m s.l.m.	110,98	110,26	110,31	110,2
AV-DE-SO-25 (ip:V)	m s.l.m.	111,04	110,31	110,31	110,25
Variazione (M-V)	m	-0,06	-0,05	0	-0,05

I livelli statici delle stazioni di monte e di valle risultano essere praticamente identici e tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle.

2.8.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-26– Figura 2-27**) e di Piper **Figura 2-28**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nella fase AO e riassunti in **Tabella 2-23**.

Tabella 2-23 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di AO

AV-DE-SO 24 e AV-DE-SO 25									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-DE-SO-24	28/06/2018	100,8	26,4	17,8	31	26	363	24
n.d.	AV-DE-SO-25	28/06/2018	80,5	29,2	7,6	17	36	310	12
n.d.	AV-DE-SO-24	20/09/2018	98,9	19,8	17,8	29	25	356	23
n.d.	AV-DE-SO-25	20/09/2018	81,2	22,9	7,4	17	38	316	12
n.d.	AV-DE-SO-24	05/12/2018	102,1	20,1	18,2	34	25	346	24
n.d.	AV-DE-SO-25	05/12/2018	80,5	22,1	7,4	17	36	305	12
n.d.	AV-DE-SO-24	06/02/2019	86,1	20,2	12,5	33	23	345	22
n.d.	AV-DE-SO-25	06/02/2019	72,1	23,7	6,3	17	37	305	11

Figura 2-26 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO 24

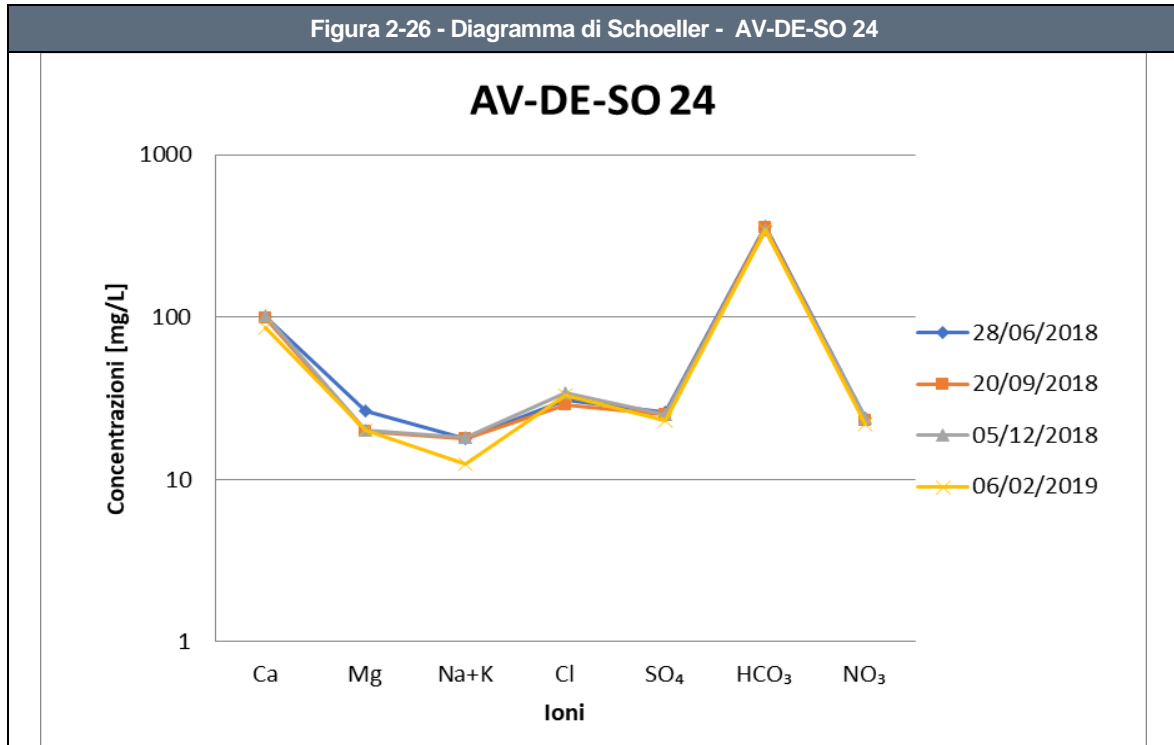
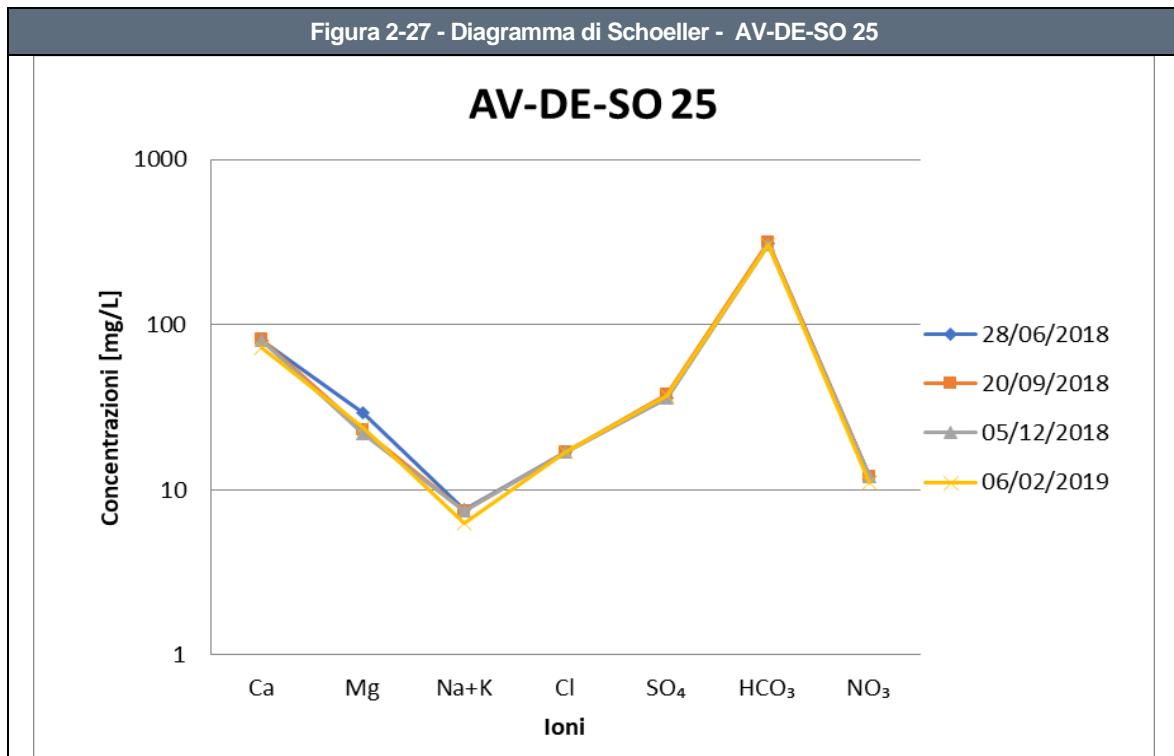


Figura 2-27 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO 25



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per i due piezometri, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili.

È soprattutto evidente la diversa concentrazione di Cl^- che risulta sistematicamente superiore (circa il doppio in valore assoluto) nel piezometro AV-DE-SO 24 rispetto al piezometro AV-DE-SO 25, mentre SO_4^{2-} mostra l'esatto opposto, ossia un valore sistematicamente superiore nel punto AV-DE-SO 25 rispetto a AV-DE-SO 24.

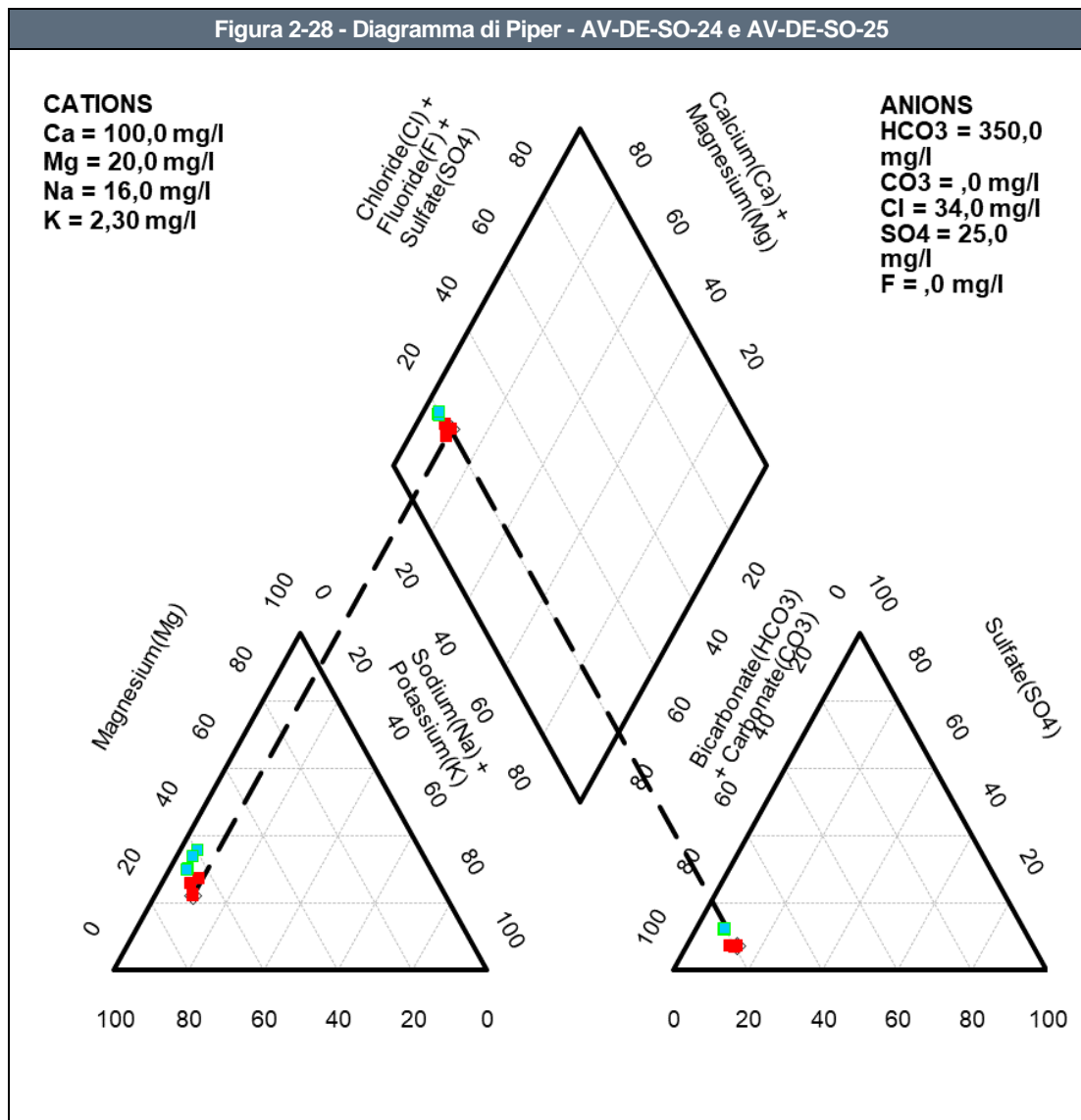
La profondità di installazione dei piezometri risulta essere la medesima (pari a 35 m da p.c.) e la fessurazione è molto simile (da 24 a 35 m da p.c. per AV-DE-SO 24 e da 25 a 35 m da p.c. per AV-DE-SO 25).

In particolare il piezometro AV-DE-SO 24, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta fino a 29,8 m da p.c., uno strato di limo da argilloso a con argilla, sabbioso, deb. ghiaioso, e fino a f.f. uno spessore di Sabbia con ghiaia, limosa, argillosa, deb. ciottolosa; il piezometro AV-DE-SO 25, da fino a 30,5 m da p.c., intercetta uno strato di sabbia con ghiaia, limosa, localmente argillosa, deb. ciottolosa e, fino a f.f., intercetta sabbia con argilla, ghiaiosa, limosa con rari ciottoli.

Di conseguenza, presso le due stazioni di monitoraggio, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero. Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dai due punti sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato- calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-DE-SO 24 (indicate in rosso) e di AV-DE-SO 25 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 2-28 - Diagramma di Piper - AV-DE-SO-24 e AV-DE-SO-25



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-24** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio AO. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra il piezometro AV-DE-SO 24 e AV-DE-SO 25.

Tabella 2-24 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO

	AV-DE-SO-24				AV-DE-SO-25			
	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019
Data prelievo	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019
Temperatura (°C)	17,7	16,7	16,1	16,2	18,5	17,1	16,8	16,6

Tabella 2-24 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO

	AV-DE-SO-24				AV-DE-SO-25			
	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019
Data prelievo	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019	28/06/2018	20/09/2018	05/12/2018	06/02/2019
pH (unità pH)	7,1	7	6,9	7,4	7,2	7,1	7,3	7,5
Potenziale Redox (mV)	95	74	77	14	103	78	64	17
Ossigeno disciolto (mg/l)	3,01	4,88	4,25	5,99	3,47	4,54	4,31	6,45
Conducibilità elettrica specifica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)	672	640	583	580	551	550	492	490

2.8.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-DE-SO 24 e AV-DE-SO 25, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

2.9.AV-DE-SO-26 (n.d.) e AV-DE-SO-27 (n.d.)

2.9.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I piezometri AV-DE-SO-27 e AV-DE-SO-26 sono ubicati nel comune di Desenzano del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-29 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-DE-SO-26	AV-DE-SO-27
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	121+700	121+600
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Desenzano del Garda	Desenzano del Garda
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 620485.35	E: 620369.98
	N: 5033540.59	N: 5033314.69



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda. I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-25** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam svolte da aprile a dicembre 2018 e nel mese di gennaio 2019.

Tabella 2-25 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam

Piezometro	Udm	Data rilievo				
		20/04/2018	25/06/2018	17/09/2018	M: 05/12/2018 V: 06/12/2018	07/01/2019
AV-DE-SO-27 (ip:M)	m s.l.m.	95,18	95,27	94,78	n.d.	95,02
AV-DE-SO-26 (ip:V)	m s.l.m.	93,59	94,06	93,32	93,32	93,42
Variazione (M-V)	m	1,59	1,21	1,46	n.d.	1,6

Dall'osservazione dei dati riportati in tabella, sembrerebbe che si verifichi un'inversione tra monte e valle rispetto a quanto riportato nel PMA, indicando quindi il piezometro AV-DE-SO-27 come punto di monte e AV-DE-SO-26 come stazione di valle.

Dall'analisi dello studio idrogeologico emerge chiaramente che tali stazioni sono ubicate sulla medesima isopiezometrica e di conseguenza non è possibile definire quale sia il rapporto M/V tra essi.

Il valore del livello statico del piezometro AV-DE-SO-27 del monitoraggio di dicembre 2018 non risulta disponibile in quanto durante il sopralluogo per il monitoraggio, il piezometro non è risultato reperibile, probabilmente a causa di un danneggiamento della parte superiore durante lo svolgimento di attività agricole svolte in precedenza. Durante questa sessione di monitoraggio, il campionamento della matrice acque sotterranee è anche stato svolto in due giornate differenti.

2.9.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-31**– **Figura 2-30**) e di Piper (**Figura 2-32**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam e riassunti in **Tabella 2-26**.

Tabella 2-26 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-DE-SO-26 e AV-DE-SO-27									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-DE-SO-26	20/04/2018	137,6	26,1	13,1	19	31	455	77
n.d.	AV-DE-SO-27	20/04/2018	151,3	28	10,2	23	43	441	112
n.d.	AV-DE-SO-26	25/06/2018	135,6	26,6	12,7	15	30	432	80
n.d.	AV-DE-SO-27	25/06/2018	150,4	30,3	12	23	43	440	99
n.d.	AV-DE-SO-26	17/09/2018	127,7	26,8	11,8	18	31	434	73
n.d.	AV-DE-SO-27	17/09/2018	138,2	29	9,8	21	47	444	72
n.d.	AV-DE-SO-26	05/12/2018	134,8	26,9	11,1	18	30	433	88

Tabella 2-26 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-DE-SO-26 e AV-DE-SO-27									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-DE-SO-27	06/12/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-DE-SO-26	07/01/2019	130,8	24,5	10,4	18	30	437	87
n.d.	AV-DE-SO-27	07/01/2019	136,8	26,7	9,6	22	57	442	74

Figura 2-30 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-26

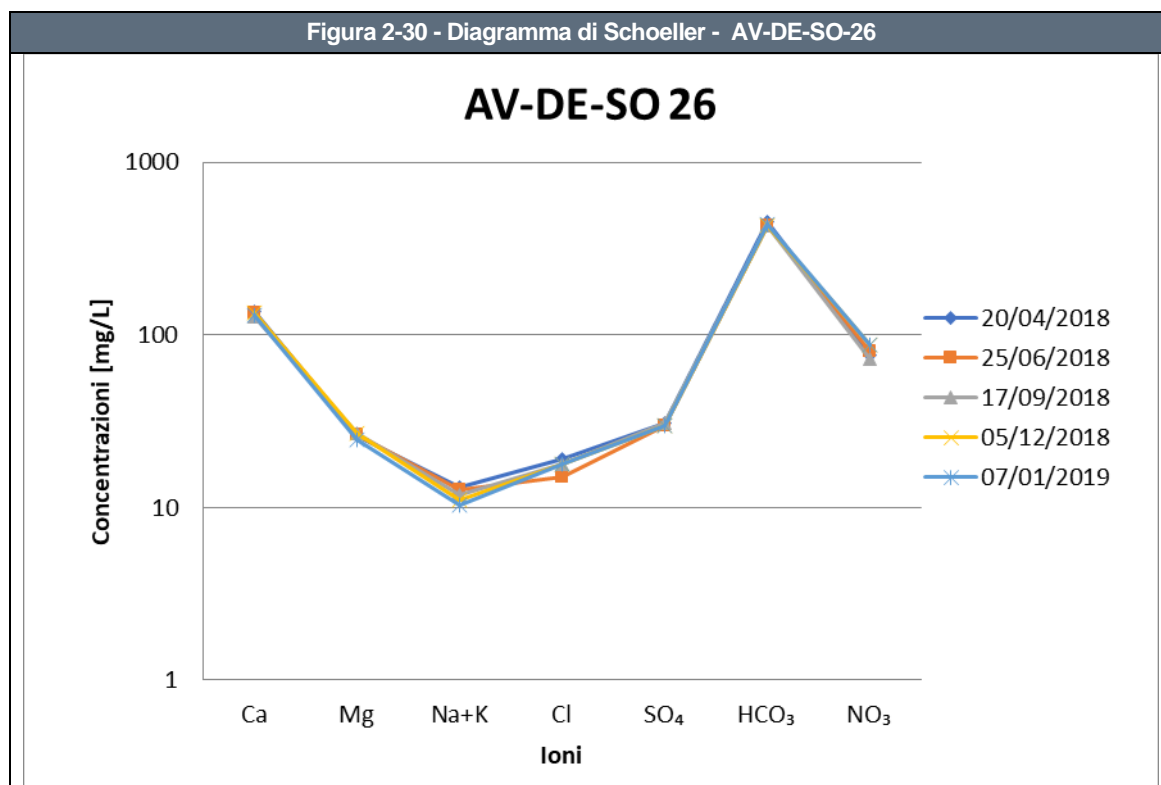
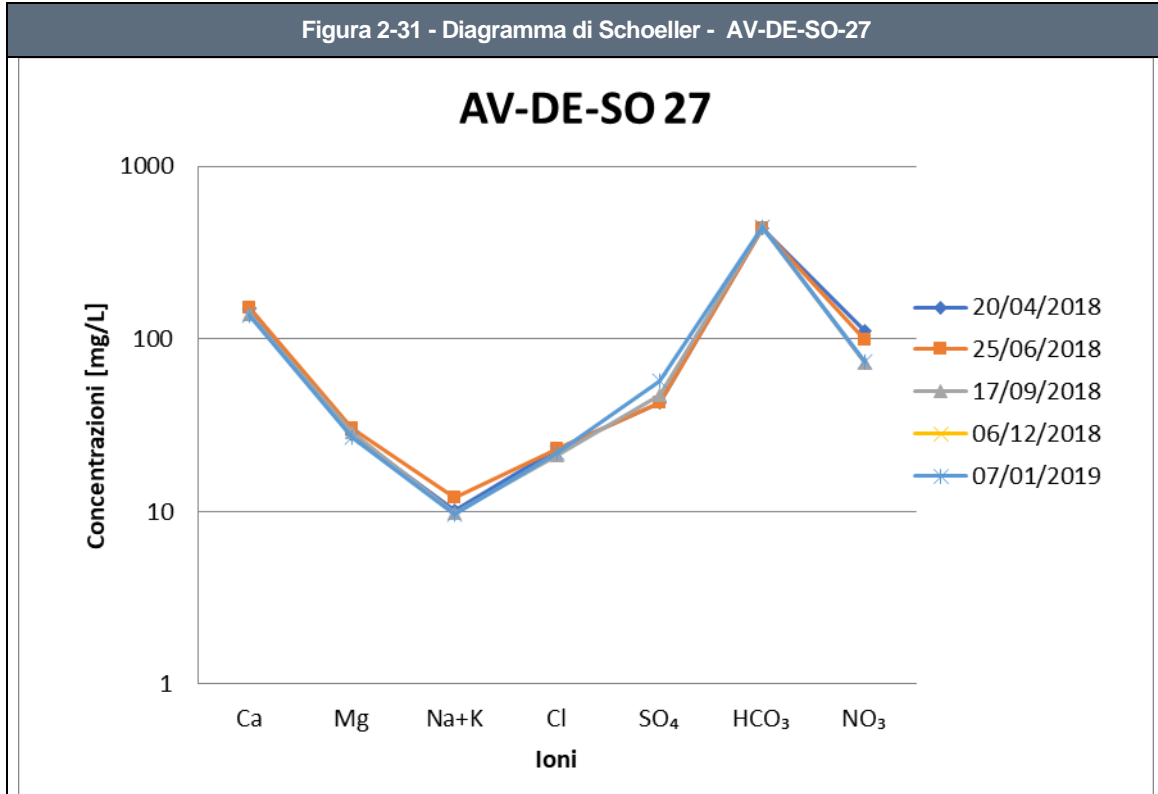


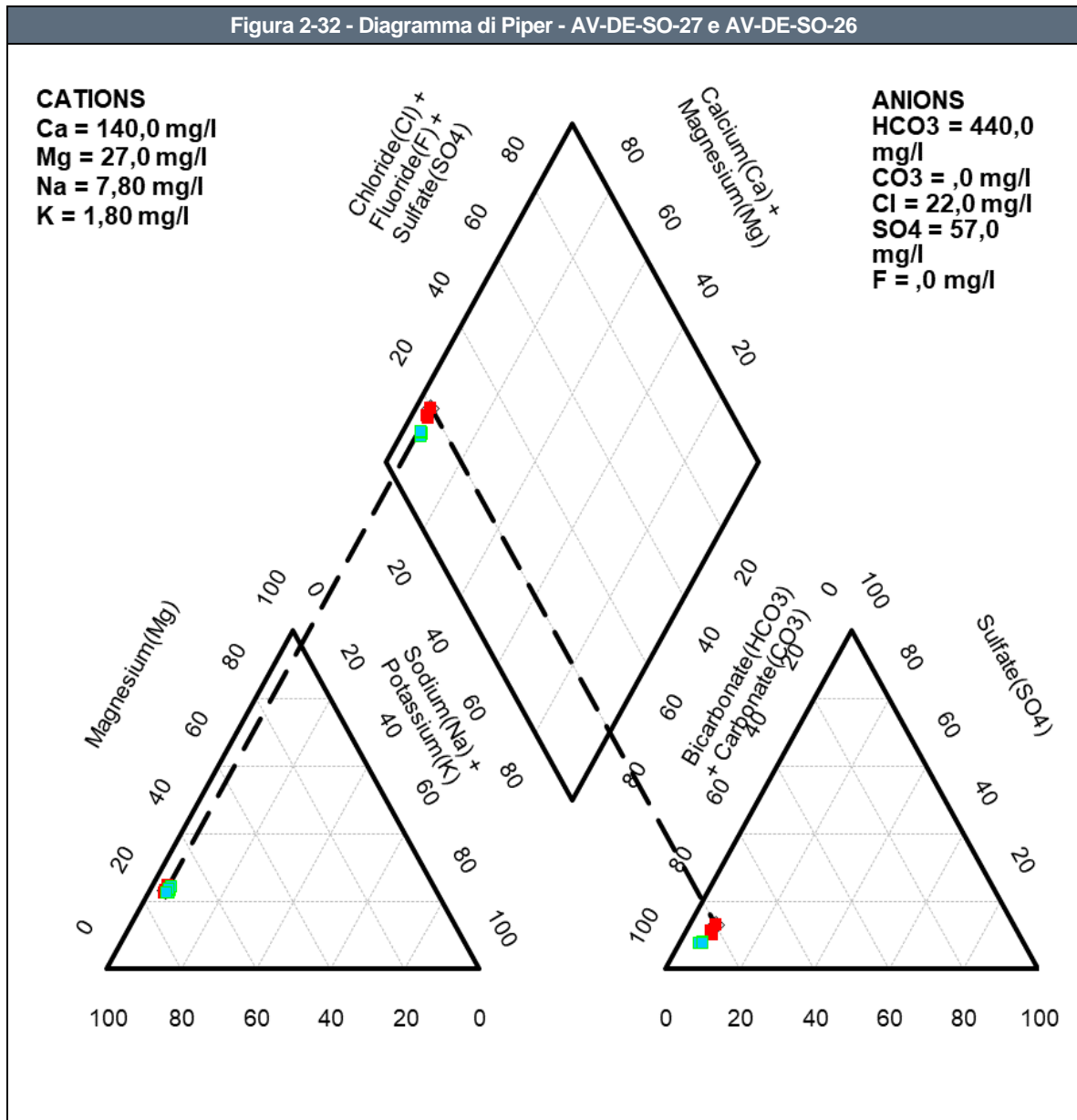
Figura 2-31 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-27



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni, che risultano pressoché sovrapponibili, si può concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di AV-DE-SO-27 e in azzurro quelle di AV-DE-SO-26 e si può notare la sovrapposizione dei risultati che compone il diagramma. Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati.

Figura 2-32 - Diagramma di Piper - AV-DE-SO-27 e AV-DE-SO-26



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-27** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam.

Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i piezometri, ad ulteriore conferma dell'omogeneità dell'acqua analizzata. In data 06/12/2018 il piezometro AV-DE-SO 27 è risultato asciutto.

Tabella 2-27 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-DE-SO-27				AV-DE-SO-26				
	20/04/2018	25/06/2018	17/09/2018	07/01/2019	20/04/2018	25/06/2018	17/09/2018	05/12/2018	07/01/2019
Data prelievo	20/04/2018	25/06/2018	17/09/2018	07/01/2019	20/04/2018	25/06/2018	17/09/2018	05/12/2018	07/01/2019
Temperatura (°C)	15,8	15,6	15,4	15,1	16,3	15,8	14,8	15,3	15,1
pH (unità pH)	6,8	7,1	6,9	7,0	6,8	7,2	6,9	6,8	7,0
Potenziale Redox (mV)	64	96	99	103	89	97	114	94	103
Ossigeno disciolto (mg/l)	4,53	2,94	3,61	2,97	5,81	4,56	5,67	5,12	2,97
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	883	883	853	760	812	805	809	736	760

2.9.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-DE-SO 26 e AV-DE-SO 27, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di AO.

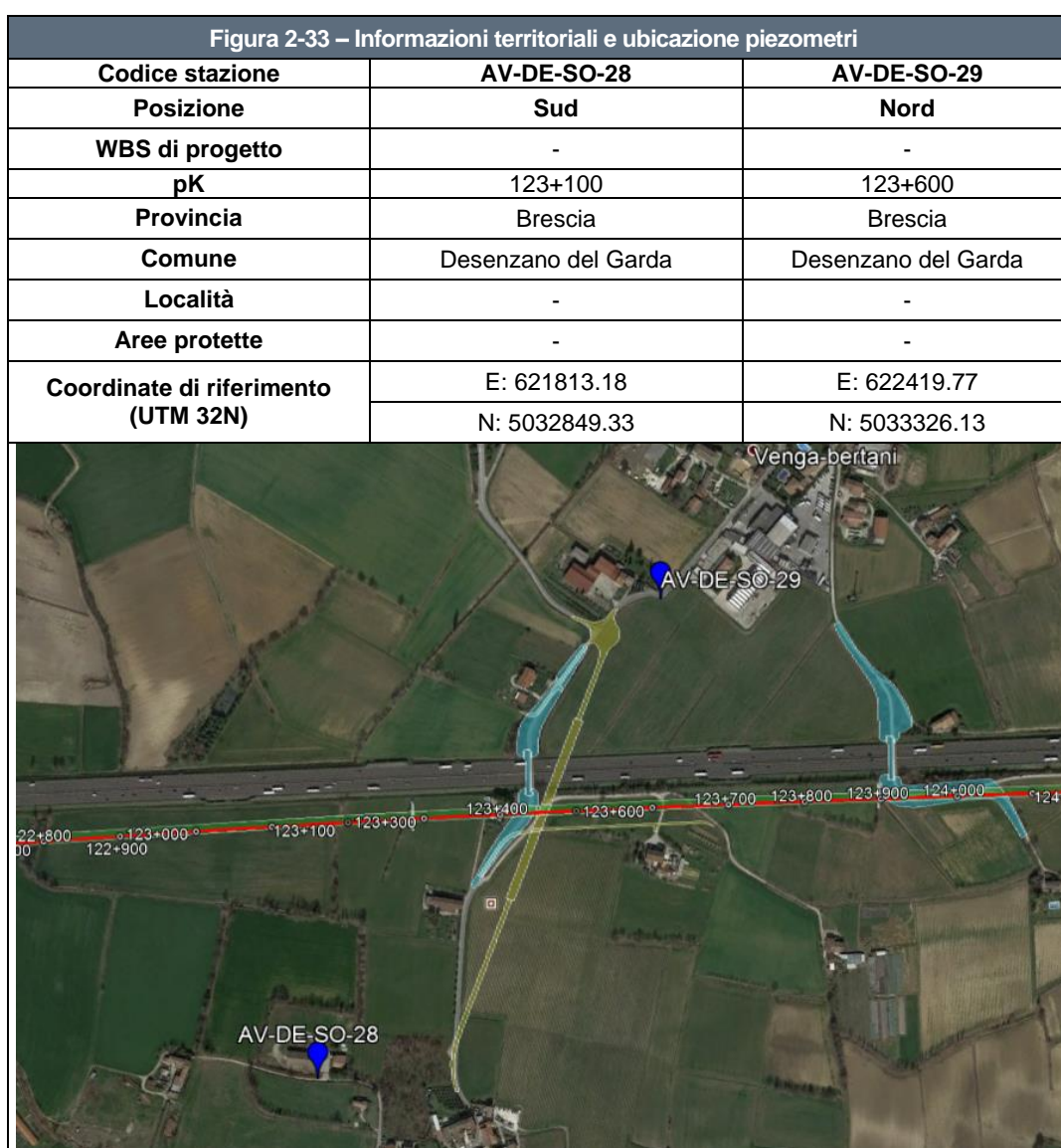
Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

2.10. AV-DE-SO-28 (monte) e AV-DE-SO-29 (valle)

2.10.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame ricadono nel territorio comunale di Desenzano del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali). I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda. I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala. Inoltre, al di sotto dei depositi glacio lacustri presenti nell'area di Desenzano, nella zona sub pianeggiante a sud di Rivoltella, si sviluppa nella porzione più interna dell'arco morenico, la Falda Confinata Intramorenica. La direzione di flusso in corrispondenza dei piezometri in esame è SO-NE e a soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

L'alimentazione di questa falda risulta difficilmente definibile, a causa delle poche informazioni in possesso e, alla complessità geologica del sistema acquifero in cui si sviluppa; presumibilmente la ricarica avviene in prevalenza da apporti idrici sotterranei, attraverso i livelli più permeabili nei depositi glacio lacustri e morenici e in parte è fornita dalle acque di infiltrazione.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-28** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio AO svolte da giugno 2018 a febbraio 2019 e in fase CO nel mese di febbraio 2020.

Tabella 2-28 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam						
Piezometro	Udm	Data rilievo				
		28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019	26/02/2020
AV-DE-SO-28 (M)	m s.l.m.	91,53	91,26	91,39	91,69	92,29
AV-DE-SO-29 (V)	m s.l.m.	86,58	85,85	86,03	86,58	86,69
Variazione (M-V)	m	4,95	5,41	5,36	5,11	5,6

Dai monitoraggi effettuati (confermati dalle considerazioni idrogeologiche della Sezione A) si nota che i valori del livello della falda risultano coerenti con la distinzione stazione di monte/valle riportata nel PMA, ovvero il piezometro AV-DE-SO-28 è la stazione di monte mentre AV-DE-SO-29 è la stazione di valle. Di conseguenza, è possibile ipotizzare dal punto di vista idrogeologico che entrambi i piezometri si riferiscano alla stessa falda.

2.10.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-34– Figura 2-35**) e di Piper (**Figura 2-36**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nelle fasi AO e CO e riassunti in **Tabella 2-29**.

Tabella 2-29 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di AO e CO

AV-DE-SO-28 e AV-DE-SO-29									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Monte	AV-DE-SO-28	28/06/2018	132,5	30,5	6,5	7	36	467	31
Valle	AV-DE-SO-29	28/06/2018	48,1	26,8	28,5	7	18	330	0,99
Monte	AV-DE-SO-28	17/09/2018	139,6	26,5	7,6	10	59	474	24
Valle	AV-DE-SO-29	17/09/2018	73,7	38,4	28,8	6	25	453	0,99
Monte	AV-DE-SO-28	03/12/2018	138,7	24,1	6,7	8	41	476	28
Valle	AV-DE-SO-29	03/12/2018	71,7	36,2	27,2	6	25	441	0,99
Monte	AV-DE-SO-28	05/02/2019	113,5	24,1	5,2	7	37	494	30
Valle	AV-DE-SO-29	05/02/2019	61	28,3	19,2	7	27	433	2
Monte	AV-DE-SO-28	26/02/2020	139,1	22,6	5,3	8	30	465	40
Valle	AV-DE-SO-29	26/02/2020	77,7	33,6	25	6	26	451	0,99

Figura 2-34 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-28

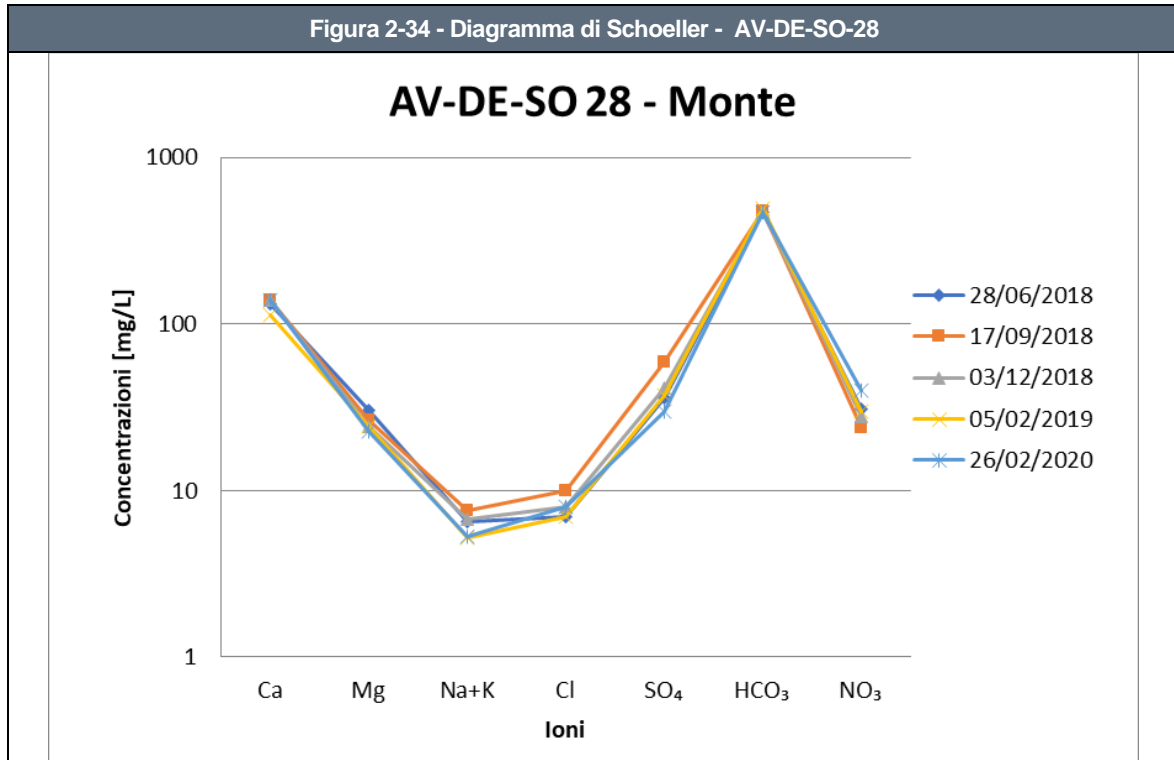
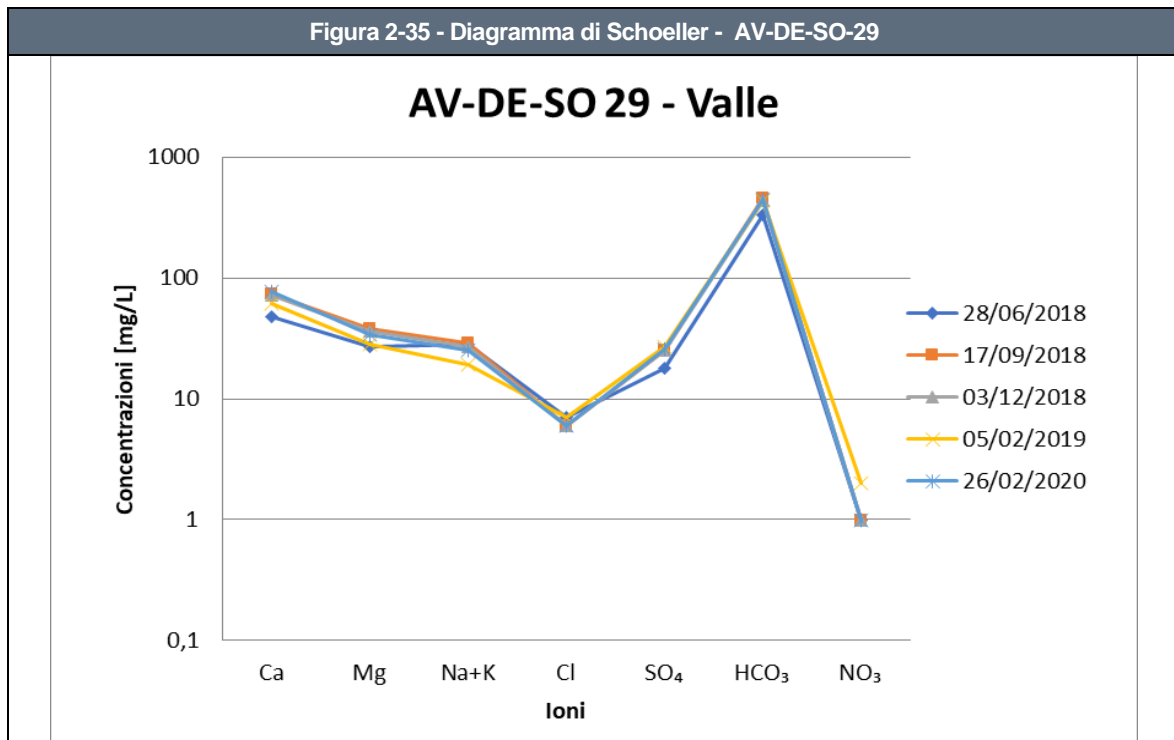


Figura 2-35 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-29



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono sovrapponibili, in riferimento soprattutto agli ioni $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ e Mg^{2+} .

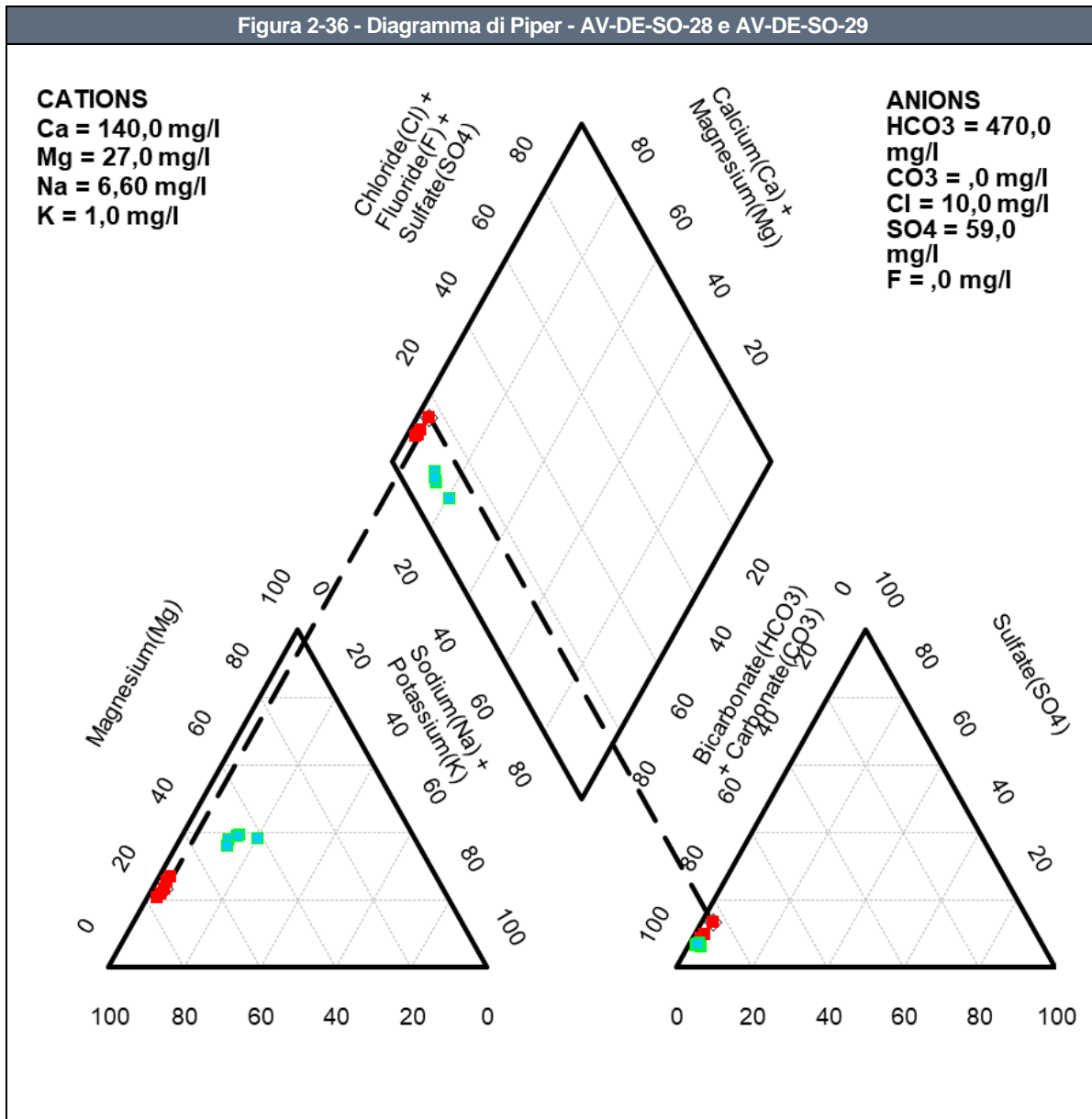
La profondità di installazione e di fessurazione dei piezometri è di poco differente e risulta essere di 20 m da p.c. (fessurato da 2 m a 20 m) per il AV-DE-SO-28 e di 30 m da p.c. (fessurato da 15 m a 30 m) per AV-DE-SO-29. Gli orizzonti di terreno intercettati dai due punti di monitoraggio sono comparabili: in particolare il piezometro AV-DE-SO-28, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta alternanze di sabbia limosa, ghiaiosa, localmente argillosa e limo da argilloso a con argilla, da sabbioso a deb. sabbioso, mentre il piezometro AV-DE-SO-29, da 15 m a 30 m, intercetta sabbia fine con limo deb. argilloso localmente argilloso. Inoltre si ricorda la presenza della Falda Confinata Intramorenica con soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati, presso la stazione di monte e di valle, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di monte (indicate in rosso) e di valle (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nel triangolo in basso a sinistra e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati e che non è certo che essi si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 2-36 - Diagramma di Piper - AV-DE-SO-28 e AV-DE-SO-29



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-30** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio AO e CO.

Come si può notare, ci sono sostanziali variazioni tra il piezometro di monte e quello di valle, in particolare per i parametri Potenziale redox e Ossigeno disciolto, ad ulteriore conferma della possibile disomogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-30 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO e CO

Data prelievo	AV-DE-SO-28 Monte					AV-DE-SO-29 Valle				
	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019	26/02/2020	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019	26/02/2020
Temperatura (°C)	16,3	16,7	16,5	12,8	13,2	15,8	16,3	15,3	14,7	16,2
pH (unità pH)	6,9	6,8	6,8	6,7	7,0	7,4	7,0	7,0	7,5	7,2
Potenziale Redox (mV)	129	114	44	35	104	-92	80	-72	-36	-94
Ossigeno disciolto (mg/l)	3,86	2,39	4,06	4,94	6,62	0,10	7,05	0,32	2,72	0,69
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	749	767	676	667	790	489	574	570	559	681

2.10.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-DE-SO-28 (M) e AV-DE-SO-29 (V), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di AO e CO.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, sono stati rilevati superamenti per la stazione di valle AV-DE-SO-29 a carico dei parametri Arsenico, Ferro e Manganese, (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Nella seguente **Tabella 2-31** si riporta una sintesi delle concentrazioni di Arsenico, Ferro e Manganese, nelle n.5 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamenti registrati.

Tabella 2-31 - Risultati monitoraggi parametri					
AV-DE-SO-29					
	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019	26/02/2020
Arsenico (CSC 10 µg/l)	4	77	88	42	101
Ferro (CSC 200 µg/l)	51	935	870	25	1252
Manganese (CSC 50 µg/l)	88	159	79	25	49

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera. Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si indicano i superamenti riscontrati.

2.11. AV-DE-SO-30 (n.d.) e AV-DE-SO-31 (n.d.)

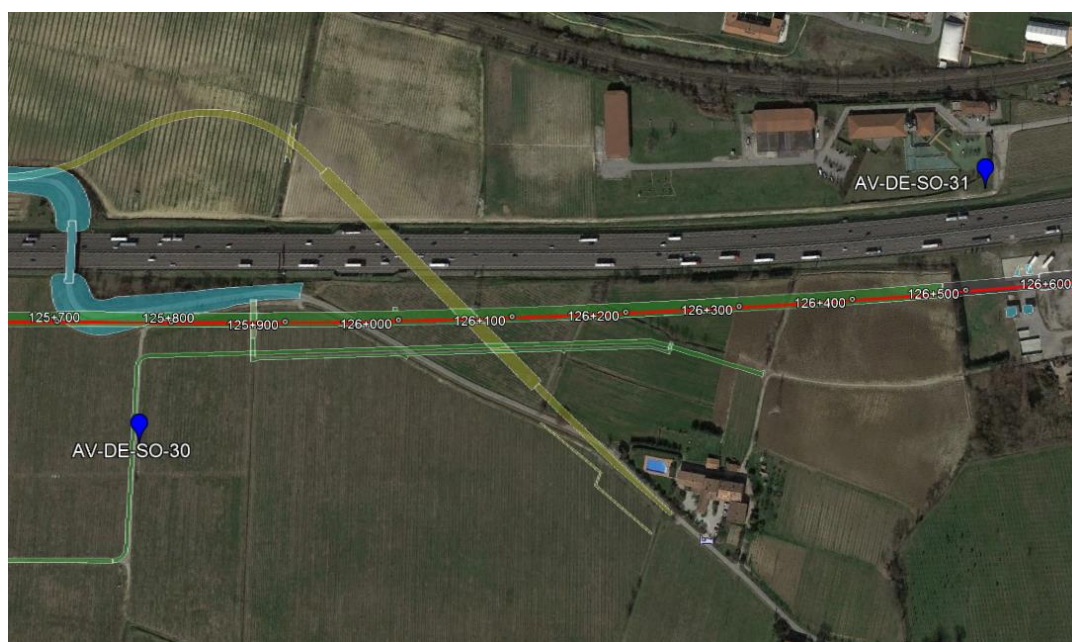
2.11.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**.

I piezometri AV-DE-SO-30 e AV-DE-SO-31 sono ubicati nel comune di Desenzano del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-37 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-DE-SO-30	AV-DE-SO-31
Posizione	Sud	Nord
WBS di progetto	-	-
pK	125+800	126+500
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Desenzano del Garda	Desenzano del Garda
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 624420.58	E: 625196.61
	N: 5032438.05	N: 5032483.89



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre. I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquicludi e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala. Inoltre, al di sotto dei depositi glacio lacustri presenti nell'area di Desenzano, nella zona sub pianeggiante a sud di Rivoltella, si sviluppa nella porzione più interna dell'arco morenico, la Falda Confinata Intramorenica. La direzione di flusso in corrispondenza dei piezometri in esame è SO-NE e a soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

L'alimentazione di questa falda risulta difficilmente definibile, a causa delle poche informazioni in possesso e, alla complessità geologica del sistema acquifero in cui si sviluppa; presumibilmente la ricarica avviene in prevalenza da apporti idrici sotterranei, attraverso i livelli più permeabili nei depositi glacio lacustri e morenici e in parte è fornita dalle acque di infiltrazione.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-32** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam svolte da maggio a dicembre 2018.

Tabella 2-32 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018
AV-DE-SO-31 (ip:M)	m s.l.m.	84,89	84,87	84,79	84,92
AV-DE-SO-30 (ip:V)	m s.l.m.	79,71	77,26	76,79	75,42
Variazione (M-V)	m	5,18	7,61	8	9,5

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra la stazione di monte e quella di valle risultano essere significative, rendendo difficoltosa l'individuazione del rapporto M/V tra le stazioni in esame. Si può infatti ipotizzare che tali piezometri si riferiscono a circuiti non affini; ciò trova conferma nei risultati esposti in seguito.

2.11.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-38– Figura 2-39**) e di Piper (**Figura 2-40**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam e riassunti in **Tabella 2-33**.

Tabella 2-33 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-DE-SO-30 e AV-DE-SO-31									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-DE-SO-30	20/04/2018	73,6	65,2	23,9	16	77	544	1
n.d.	AV-DE-SO-31	20/04/2018	101,2	52	46	76	49	513	0,8
n.d.	AV-DE-SO-30	22/06/2018	76,4	77,3	30,9	12	52	613	0,8
n.d.	AV-DE-SO-31	22/06/2018	96,6	38,9	42,3	53	47	496	0,8
n.d.	AV-DE-SO-30	17/09/2018	73	94,9	35	11	54	681	1
n.d.	AV-DE-SO-31	17/09/2018	84	41,9	40,1	66	46	466	0,8
n.d.	AV-DE-SO-30	03/12/2018	81	81,7	31,6	11	58	682	0,8
n.d.	AV-DE-SO-31	03/12/2018	105,7	47,7	46,6	93	47	497	0,8

Figura 2-38 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-30

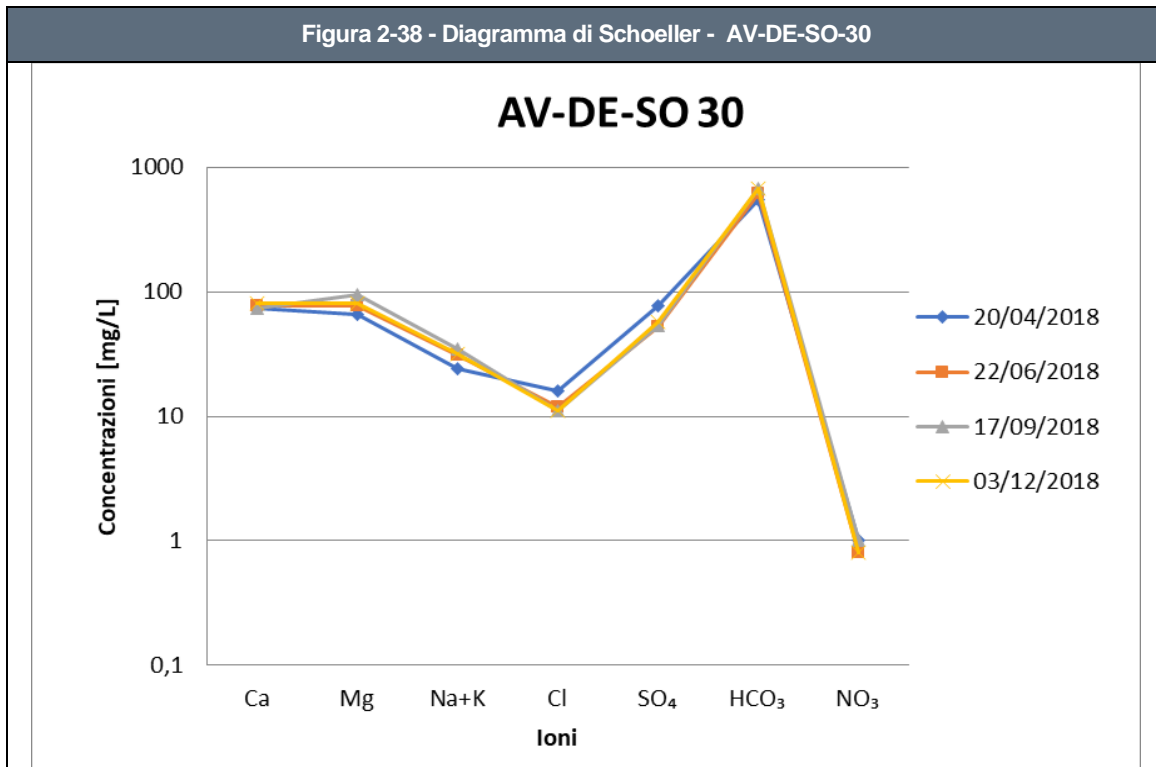
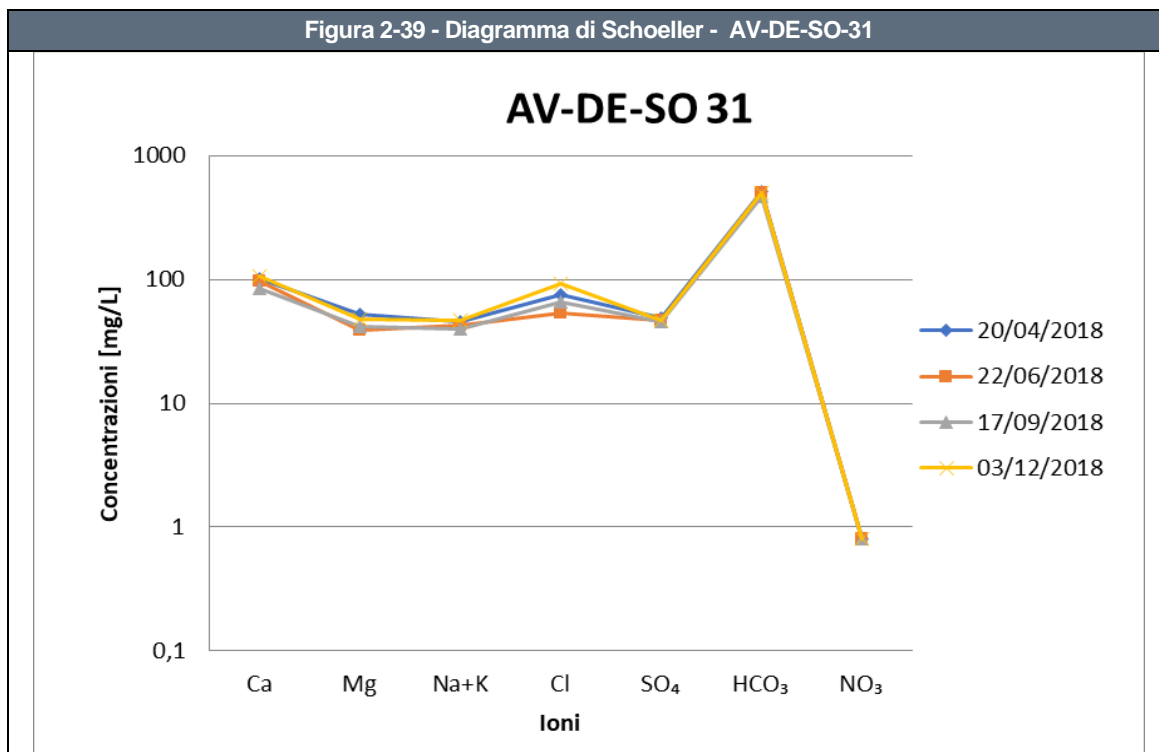


Figura 2-39 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-31



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili, in particolare per il parametro cloruri.

La profondità di installazione dei piezometri risulta essere simile, ovvero pari a 25 m da p.c. per il AV-DE-SO-31 e di 30 m da p.c. per AV-DE-SO-30, mentre il tratto fessurato è differente e risulta essere da 10 m a 25 m per il AV-DE-SO-31 e da 3 m a 30 m per il AV-DE-SO-30.

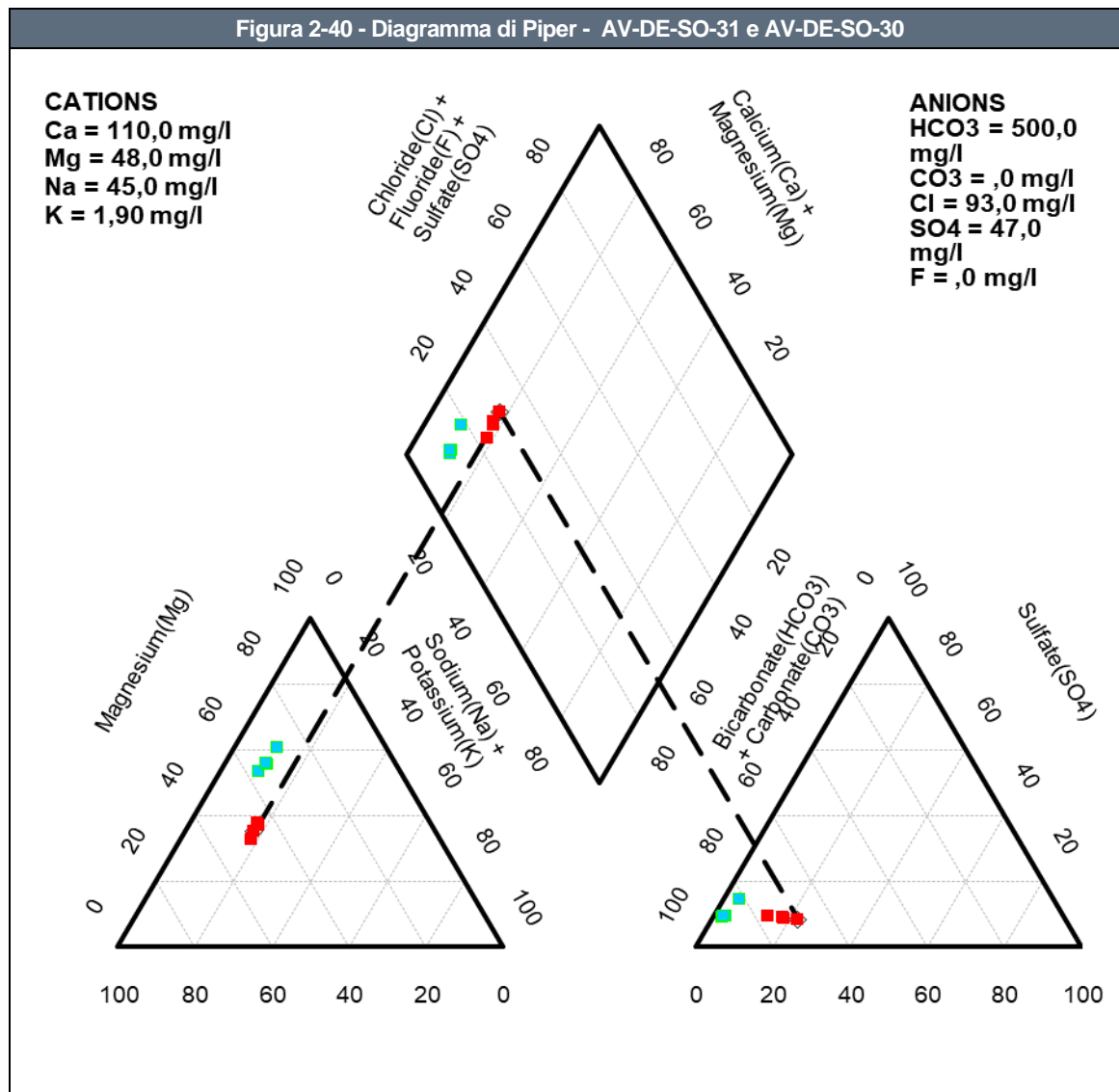
Gli orizzonti di terreno intercettati dai due punti di monitoraggio sono comparabili: in particolare il piezometro AV-DE-SO-31, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta uno spessore di limo con argilla localmente limo e argilla, da deb. sabbioso a sabbioso, mentre il piezometro AV-DE-SO-30, da 3 m a 30 m, intercetta fino a 9 m da p.c. limo e sabbia fine con argilla, deb. ghiaioso e successivamente limo da argilloso a con argilla, sabbioso, localmente deb. ghiaioso. Inoltre si ricorda la presenza della Falda Confinata Intramorenica con soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati presso i due punti, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dalle due stazioni sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-DE-SO-31 (indicate in rosso) e di AV-DE-SO-30 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile indicare in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 2-40 - Diagramma di Piper - AV-DE-SO-31 e AV-DE-SO-30



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-34** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i piezometri.

Tabella 2-34 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-DE-SO-31				AV-DE-SO-30			
	20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018
Data prelievo	20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018
Temperatura (°C)	15,9	15,8	17,5	18	15,7	15,8	14,9	14,6
pH (unità pH)	6,8	6,9	7	7	7,0	6,9	7	6,9

Tabella 2-34 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-DE-SO-31				AV-DE-SO-30			
	20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018
Potenziale Redox (mV)	46	41	63	39	70	51	80	70
Ossigeno disciolto (mg/l)	0,35	0,74	2,6	0,86	2,42	0,18	1,61	2,54
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	985	925	897	871	837	924	964	874

2.11.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-DE-SO-30 e AV-DE-SO-31, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione del parametro Manganese (Mn) per la stazione di monte in tutte le campagne di monitoraggio.

Nella seguente **Tabella 2-35** si riporta una sintesi delle concentrazioni di manganese nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando i superamenti registrati (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 2-35 - Risultati monitoraggi parametri

AV-DE-SO-31				
	20/04/2018	22/06/2018	17/09/2018	03/12/2018
Manganese (CSC 50 µg/l)	212	122	156	74

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si indicano i superamenti riscontrati per il parametro Manganese.

2.12. AV-DE-SO-32 (monte) e AV-DE-SO-33 (valle)

2.12.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I piezometri AV-DE-SO-32 e AV-DE-SO-33 sono ubicati nel comune di Desenzano del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-41 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-DE-SO-32	AV-DE-SO-33
Posizione	Sud	Nord
WBS di progetto		-
pK	127+200	127+300
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Desenzano del Garda	Desenzano del Garda
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 625816.71	E: 625933.99
	N: 5032160.22	N: 5032528.38



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre. I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquicludi e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala. Inoltre, al di sotto dei depositi glacio lacustri presenti nell'area di Desenzano, nella zona sub pianeggiante a sud di Rivoltella, si sviluppa nella porzione più interna dell'arco morenico, la Falda Confinata Intramorenica. La direzione di flusso in corrispondenza dei piezometri in esame è SO-NE e a soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

L'alimentazione di questa falda risulta difficilmente definibile, a causa delle poche informazioni in possesso e, alla complessità geologica del sistema acquifero in cui si sviluppa; presumibilmente la ricarica avviene in prevalenza da apporti idrici sotterranei, attraverso i livelli più permeabili nei depositi glacio lacustri e morenici e in parte è fornita dalle acque di infiltrazione.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-36** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam svolte da giugno a dicembre 2018 e a febbraio 2019.

Tabella 2-36 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019
AV-DE-SO-32 (M)	m s.l.m.	83,75	83,37	87,37	86,93
AV-DE-SO-33 (V)	m s.l.m.	80,24	80,23	80,49	80,57
Variazione (M-V)	m	3,51	3,14	6,88	6,36

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra la stazione di monte e quella di valle risultano essere significative e coerenti, indicando quindi il piezometro AV-DE-SO-32 come punto di monte e AV-DE-SO-33 come punto di valle. Tale risultato conferma quanto riportato nel PMA e nella Sezione A.

2.12.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-42– Figura 2-43**) e di Piper (**Figura 2-44**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam e riassunti in **Tabella 2-37**.

Tabella 2-37 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-DE-SO-32 e AV-DE-SO-33									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Monte	AV-DE-SO-32	28/06/2018	93,6	27,6	11,4	20	32	395	10
Valle	AV-DE-SO-33	28/06/2018	71,8	90,6	46,9	135	51	568	0,8
Monte	AV-DE-SO-32	17/09/2018	95,7	30	14,3	24	34	387	12
Valle	AV-DE-SO-33	17/09/2018	76,2	98,4	62,5	122	51	596	0,8
Monte	AV-DE-SO-32	03/12/2018	101,1	25,2	14,4	27	33	377	9
Valle	AV-DE-SO-33	03/12/2018	77,8	90	54	131	50	597	0,8
Monte	AV-DE-SO-32	05/02/2019	77,6	24,6	10,5	23	27	349	13
Valle	AV-DE-SO-33	05/02/2019	63,7	104,3	40,5	139	50	575	0,8

Figura 2-42 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-32

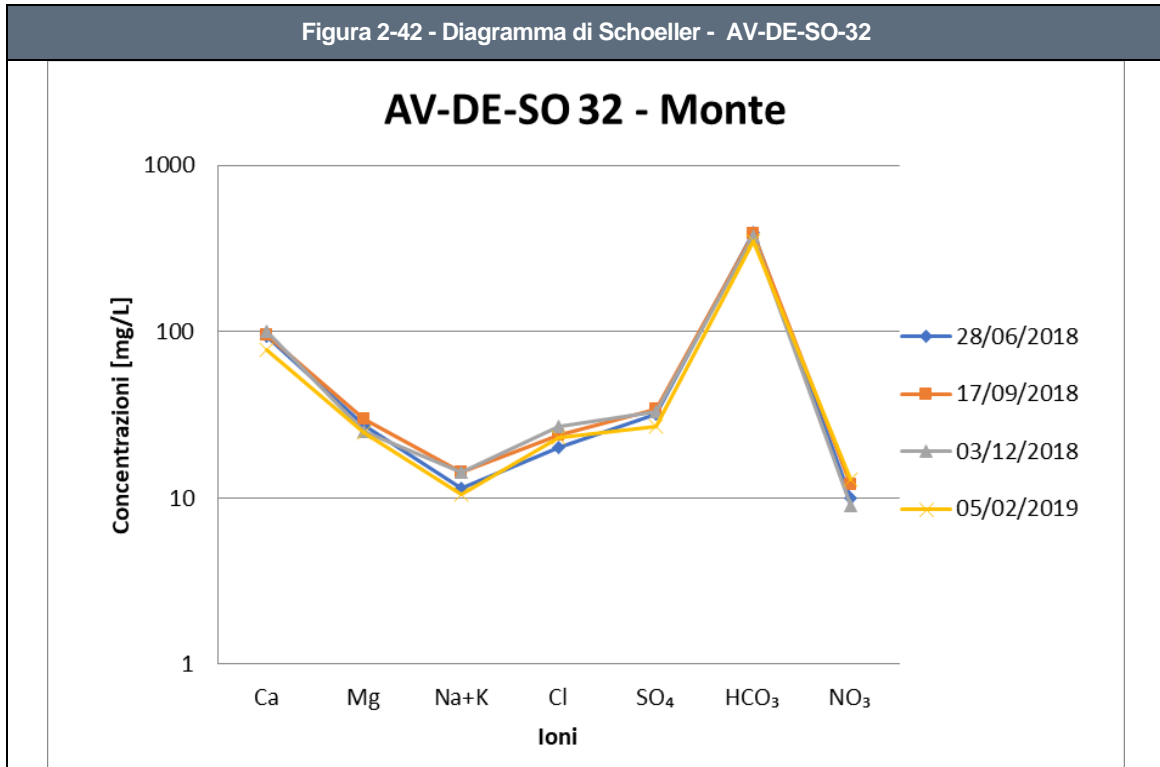
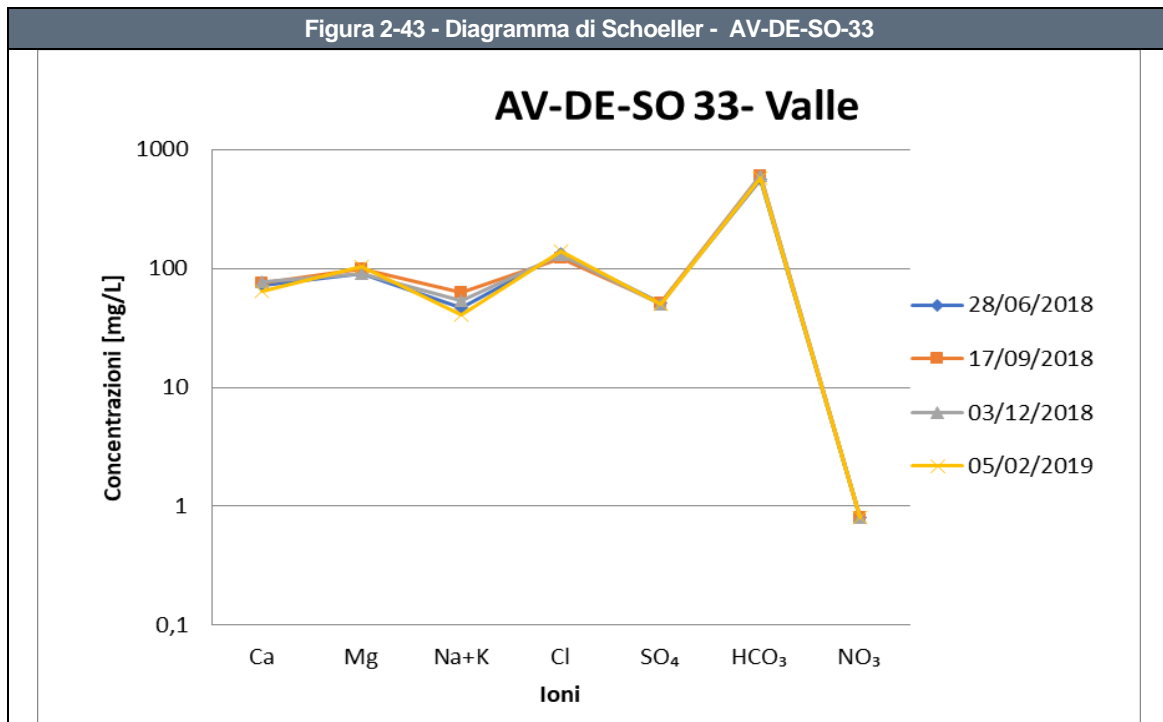


Figura 2-43 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-33



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono sovrapponibili.

La profondità di installazione dei piezometri risulta essere simile, ovvero pari a 25 m da p.c. per il AV-DE-SO-31 e di 30 m da p.c. per AV-DE-SO-30, mentre il tratto fessurato è differente e risulta essere da 10 m a 25 m per il AV-DE-SO-31 e da 3 m a 30 m per il AV-DE-SO-30.

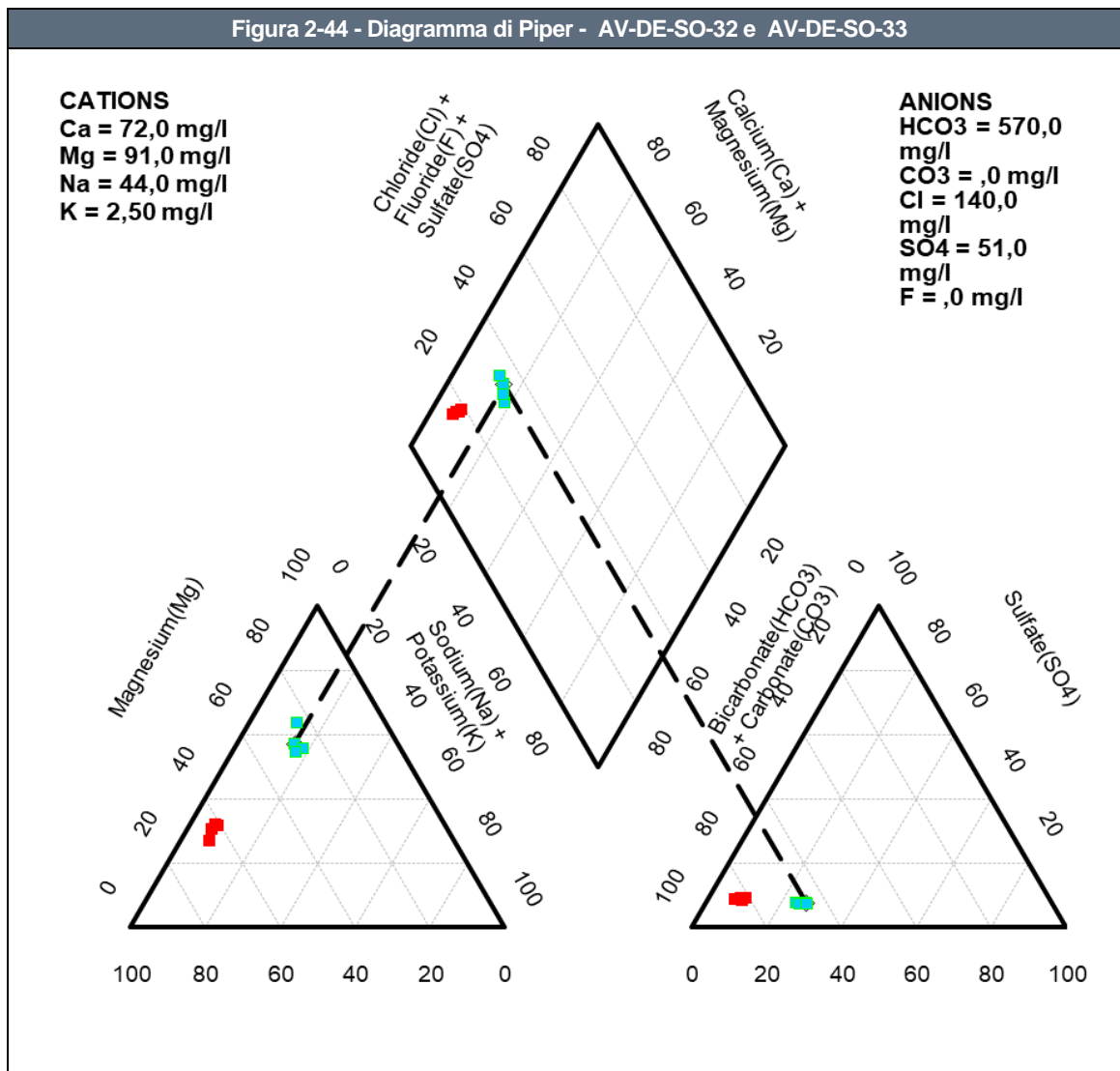
Gli orizzonti di terreno intercettati dai due punti di monitoraggio sono comparabili: in particolare il piezometro AV-DE-SO-31, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta uno spessore di limo con argilla localmente limo e argilla, da deb. sabbioso a sabbioso, mentre il piezometro AV-DE-SO-30, da 3 m a 30 m, intercetta fino a 9 m da p.c. limo e sabbia fine con argilla, deb. ghiaioso e successivamente limo da argilloso a con argilla, sabbioso, localmente deb. ghiaioso. Inoltre si ricorda la presenza della Falda Confinata Intramorenica con soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati, presso la stazione di monte e di valle, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di monte (indicate in rosso) e di valle (in azzurro) non siano corrispondenti nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 2-44 - Diagramma di Piper - AV-DE-SO-32 e AV-DE-SO-33



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-38** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono particolari variazioni tra il piezometro di monte e quello di valle, in particolare per il parametro Conducibilità, ad ulteriore conferma della disomogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-38 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-DE-SO-32 Monte				AV-DE-SO-33 Valle			
Data prelievo	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019
Temperatura (°C)	16,6	20	17,8	13,5	14,8	16,2	16,1	15,1

Tabella 2-38 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-DE-SO-32 Monte				AV-DE-SO-33 Valle			
	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019
pH (unità pH)	7,1	7,1	7,2	7,4	7,1	7,1	7,3	7,3
Potenziale Redox (mV)	64	95	48	2	29	75	62	-7
Ossigeno disciolto (mg/l)	0,80	1,76	0,4	3,35	0,08	0,14	1,01	0,31
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	645	667	585	535	1192	1171	1067	1055

2.12.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-DE-SO-31 (M) e AV-DE-SO-30 (V), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione del parametro Manganese (Mn) per la stazione di valle nella seconda campagna di monitoraggio (61 µg/l); tale superamento non è stato rilevato nelle campagne successive.

Nella seguente **Tabella 2-39** si riporta una sintesi delle concentrazioni di manganese nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 2-39 - Risultati monitoraggi parametri				
AV-DE-SO-33				
	28/06/2018	17/09/2018	03/12/2018	05/02/2019
Manganese (CSC 50 µg/l)	49	61	49	36

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si indica il superamento riscontrato.

2.13. AV-DE-SO-34 (n.d.) e AV-PZ-SO-35 (n.d.)

2.13.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Il piezometro AV-PZ-SO-35 si trova nel territorio comunale di Pozzolengo (BS) e AV-DE-SO-34 è ubicato nel comune di Desenzano del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-45 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-DE-SO-34	AV-PZ-SO-35
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	128+400	128+600
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Desenzano del Garda	Pozzolengo
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 627017.03	E: 627234.48
	N: 5032522.20	N: 5031922.63



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio-lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre. I depositi glacio-lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquicludi e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala. Inoltre, al di sotto dei depositi glacio lacustri presenti nell'area di Desenzano, nella zona sub pianeggiante a sud di Rivoltella, si sviluppa nella porzione più interna dell'arco morenico, la Falda Confinata Intramorenica. La direzione di flusso in corrispondenza dei piezometri in esame è S-N e a soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

L'alimentazione di questa falda risulta difficilmente definibile, a causa delle poche informazioni in possesso e, alla complessità geologica del sistema acquifero in cui si sviluppa; presumibilmente la ricarica avviene in prevalenza da apporti idrici sotterranei, attraverso i livelli più permeabili nei depositi glacio lacustri e morenici e in parte è fornita dalle acque di infiltrazione.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-40** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 2-40 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		20/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	03/12/2018
AV-PZ-SO-35 (M)	m s.l.m.	80,63	77,82	75,58	75,91
AV-DE-SO-34 (V)	m s.l.m.	67,85	65,51	65,42	64,41
Variazione (M-V)	m	12,78	12,31	10,16	11,5

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra la stazione di monte e quella di valle risultano essere molto significative e tali da non poter considerare tali piezometri appartenenti allo stesso circuito idrico. Di conseguenza, come indicato anche nello studio idrogeologico, non è possibile definire il reciproco rapporto M/V.

2.13.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-46 - Figura 2-47**) e di Piper (**Figura 2-48**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam e riassunti in **Tabella 2-41**.

Tabella 2-41 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-DE-SO-34 e AV-PZ-SO-35									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-DE-SO-34	20/04/2018	55,2	36,6	34,9	8	71	371	3
n.d.	AV-PZ-SO-35	20/04/2018	119,8	53	39,9	51	101	537	12
n.d.	AV-DE-SO-34	22/06/2018	55,3	50,3	47	8	101	403	1
n.d.	AV-PZ-SO-35	22/06/2018	112,4	60,5	44,4	54	86	501	4
n.d.	AV-DE-SO-34	19/09/2018	58,1	55,3	48,8	8	123	444	1
n.d.	AV-PZ-SO-35	19/09/2018	91,6	77	35,8	85	79	584	0,8
n.d.	AV-DE-SO-34	03/12/2018	60,2	48,6	46,8	8	129	414	0,8
n.d.	AV-PZ-SO-35	03/12/2018	96,3	69,7	34,3	74	79	530	0,8

Figura 2-46 - Diagramma di Schoeller - AV-PZ-SO-34

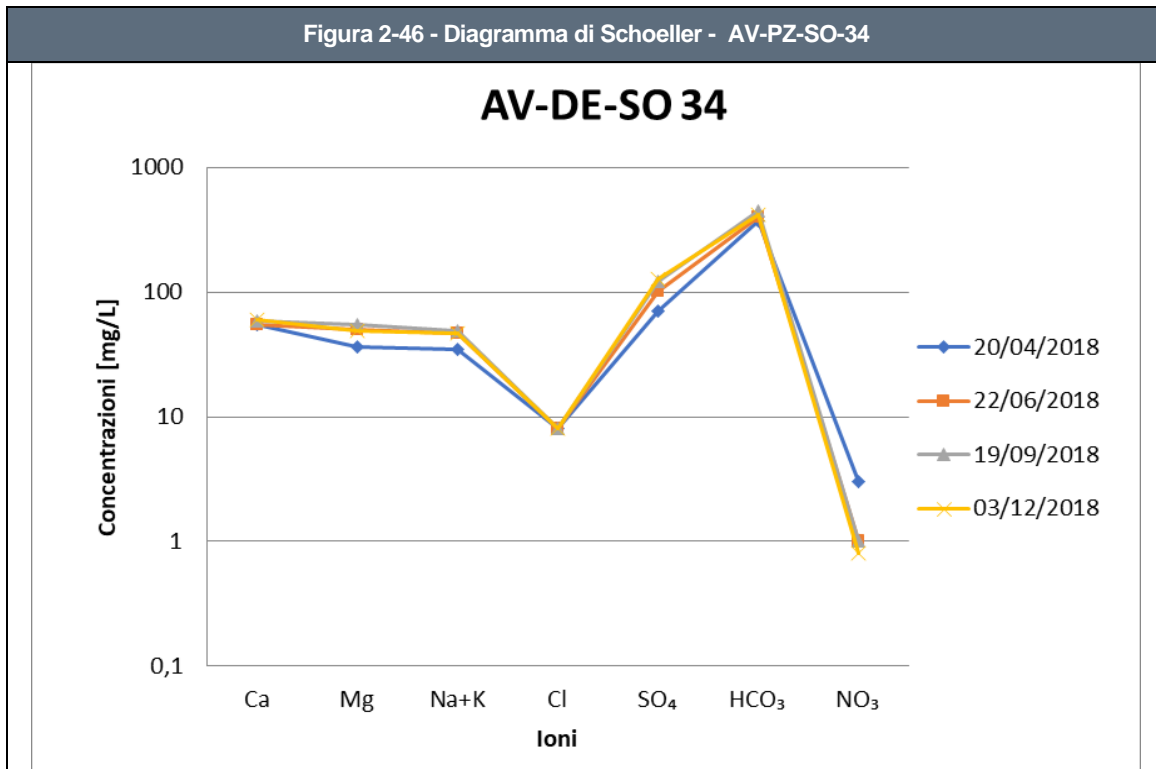
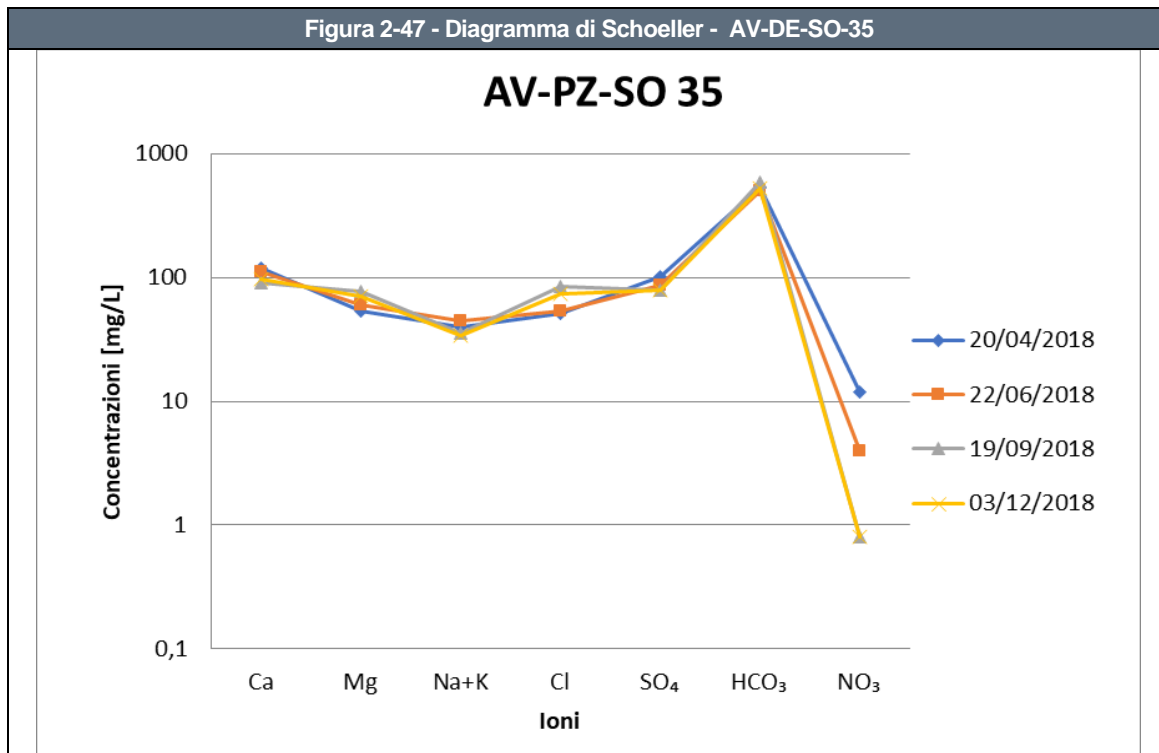


Figura 2-47 - Diagramma di Schoeller - AV-DE-SO-35



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono completamente sovrapponibili, in particolare per i parametri Ca^{2+} e Cl^- .

La profondità di installazione dei piezometri risulta essere pari a 20 m da p.c. per il AV-PZ-SO-35 e di 30 m da p.c. per AV-DE-SO-34, mentre il tratto fessurato varia da 10 m a 20 m per il AV-PZ-SO-35 e da 12 m a 30 m per il AV-DE-SO-34.

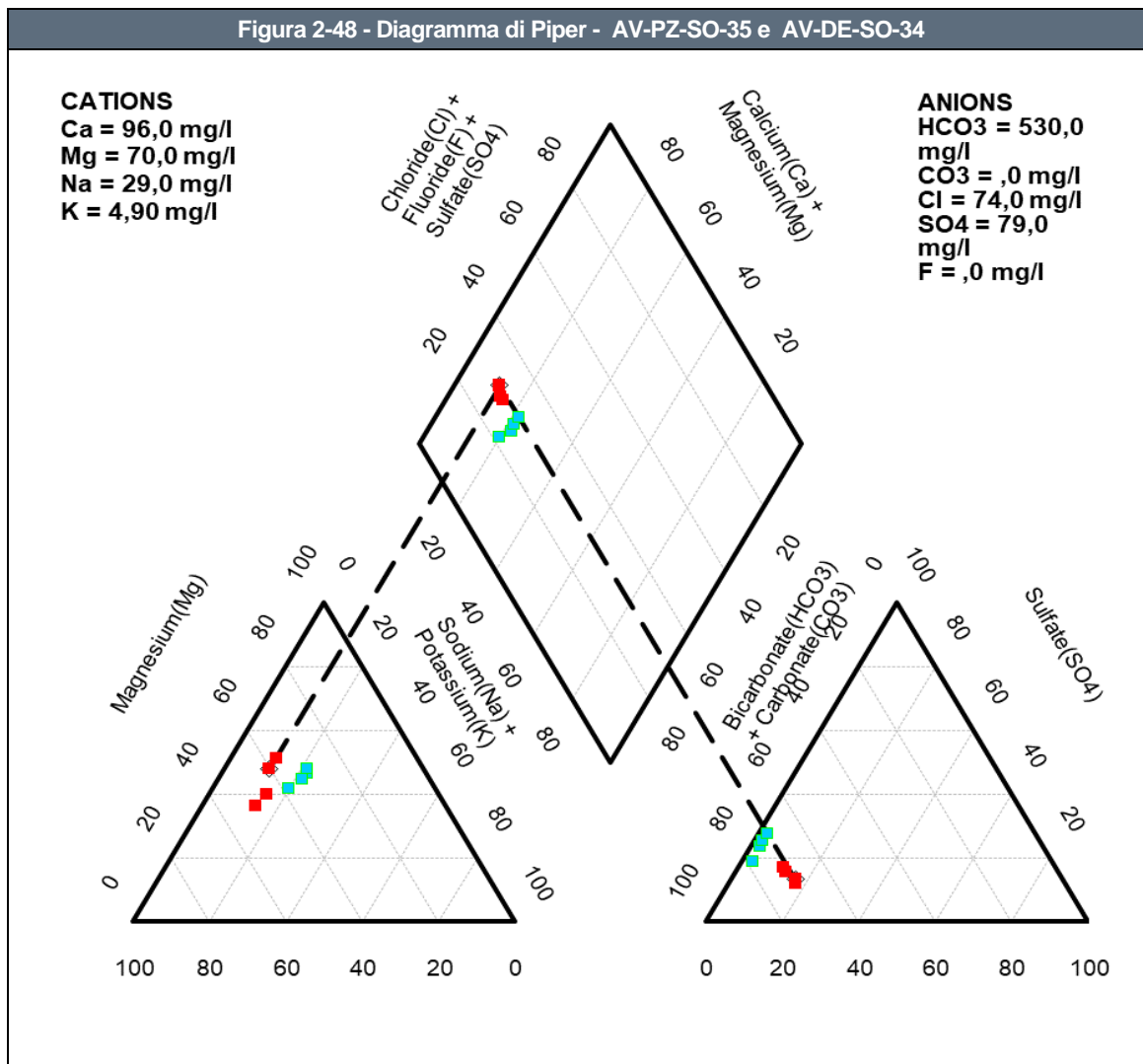
Gli orizzonti di terreno intercettati dai due punti di monitoraggio sono comparabili: in particolare il piezometro AV-PZ-SO-35, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta uno spessore di limo con sabbia fine, localmente con argilla fino a 17,6 m da p.c. e successivamente limo da con argilla a limo e argilla, deb. sabbioso, mentre il piezometro AV-DE-SO-34, da 12 m a 30 m, intercetta limo con sabbia fine, deb. argilloso, rara ghiaia. Si ricorda anche che l'area in esame è interessata dalla presenza della Falda Confinata Intramorenica.

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati, presso le due stazioni, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dai due punti di monitoraggio sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-DE-SO-35 (indicate in rosso) e di AV-PZ-SO-34 (in azzurro) non siano corrispondenti nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-alcalino terrosa" per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile concludere in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 2-48 - Diagramma di Piper - AV-PZ-SO-35 e AV-DE-SO-34



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-42** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra il piezometro di monte e quello di valle, ad eccezione del parametro Conducibilità elettrica.

Tabella 2-42 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisico - fase di ante operam

	AV-PZ-SO-35				AV-DE-SO-34			
	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	03/12/2018	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	03/12/2018
Data prelievo	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	03/12/2018	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	03/12/2018
Temperatura (°C)	19,3	20,7	15,6	14,5	15,7	14,9	15	14,5
pH (unità pH)	7,3	7,2	7,2	7,5	6,8	6,9	7	7,1
Potenziale Redox (mV)	46	52	31	41	26	17	19	23

Tabella 2-42 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-PZ-SO-35				AV-DE-SO-34			
	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	03/12/2018	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	03/12/2018
Ossigeno disciolto (mg/l)	2,39	3,3	0,89	1,03	1,81	0,91	0,65	1,01
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	631	745	778	693	971	967	983	907

2.13.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-PZ-SO-35 e AV-DE-SO-34, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam. Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei seguenti casi:

- i parametri arsenico e manganese per la stazione di monte AV-PZ-SO-35;
- parametro 1,2-dicloropropano per la stazione di valle AV-DE-SO-34 nella seconda campagna di monitoraggio (0,26 µg/l); tale valore non è stato rilevato nelle campagne successive.

Nella seguente **Tabella 2-43** si riporta una sintesi delle concentrazioni di manganese nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 2-43 - Risultati monitoraggi parametri

AV-DE-SO-34				
	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2019	03/12/2018
1,2-dicloropropano (CSC 0,15 µg/l)	<0,01	0,26	<0,01	<0,01
AV-PZ-SO-35				
	20/04/2018	22/06/2018	19/09/2019	03/12/2018
Arsenico (CSC 10 µg/l)	6	12	47	46
Manganese (CSC 50 µg/l)	32	24	64	50

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera. Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e i superamenti rilevati.

2.14. AV-MZ-SO-58 (n.d.) e AV-MZ-SO-59 (n.d.)

2.14.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel comune di Mazzano (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-49 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-MZ-SO-58	AV-MZ-SO-59
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	105+900	106+200
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Mazzano	Mazzano
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 605623.02	E: 605701.38
	N: 5037878.08	N: 5037434.31



Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali).

I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici. Inoltre, nell'area di Calcinato, sono presenti alcune colline con direzione N-S, appartenenti alla cerchia morenica più esterna dell'Anfiteatro Gardesano.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c..

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-44** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam svolte da luglio a dicembre 2018 e a febbraio 2019.

Tabella 2-44 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		06/07/2018	24/09/2018	04/12/2018	06/02/2019
AV-MZ-SO-58 (ip:M)	m s.l.m.	119,78	121,03	120,55	119,53
AV-MZ-SO-59 (ip:V)	m s.l.m.	115,97	115,82	115,77	115,04
Variazione (M-V)	m	3,81	5,21	4,78	4,49

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra la stazione di monte e quella di valle risultano essere significative, tali per cui si può ipotizzare che il piezometro AV-MZ-SO-58 sia il punto di monte e AV-MZ-SO-59 è di valle. Dallo studio idrogeologico risulta però che tali piezometri non siano confrontabili e ciò trova conferma dai risultati ottenuti nel capitolo a seguire.

2.14.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi

aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee. Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-50 - Figura 2-51**) e di Piper (**Figura 2-52**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam e riassunti in **Tabella 2-45**.

Tabella 2-45 - Risultati monitoraggio anioni e cationi - fase di ante operam

AV-MZ-SO-58 e AV-MZ-SO-59									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-MZ-SO-58	06/07/2018	116,8	40,5	9,9	9	42	483	47
n.d.	AV-MZ-SO-59	06/07/2018	43,8	19,3	19,9	6	2	268	0,8
n.d.	AV-MZ-SO-58	24/09/2018	107,1	31	12,3	9	32	477	41
n.d.	AV-MZ-SO-59	24/09/2018	82,8	24,8	4,9	7	32	337	7
n.d.	AV-MZ-SO-58	04/12/2018	120,4	30,7	9,1	10	35	498	47
n.d.	AV-MZ-SO-59	04/12/2018	45,6	16,3	18,7	5	0,8	278	0,8
n.d.	AV-MZ-SO-58	06/02/2019	114,1	30,7	8,9	9	35	479	44
n.d.	AV-MZ-SO-59	06/02/2019	39,2	17,9	13,8	5	1	279	1

Figura 2-50 - Diagramma di Schoeller - AV-MZ-SO-58

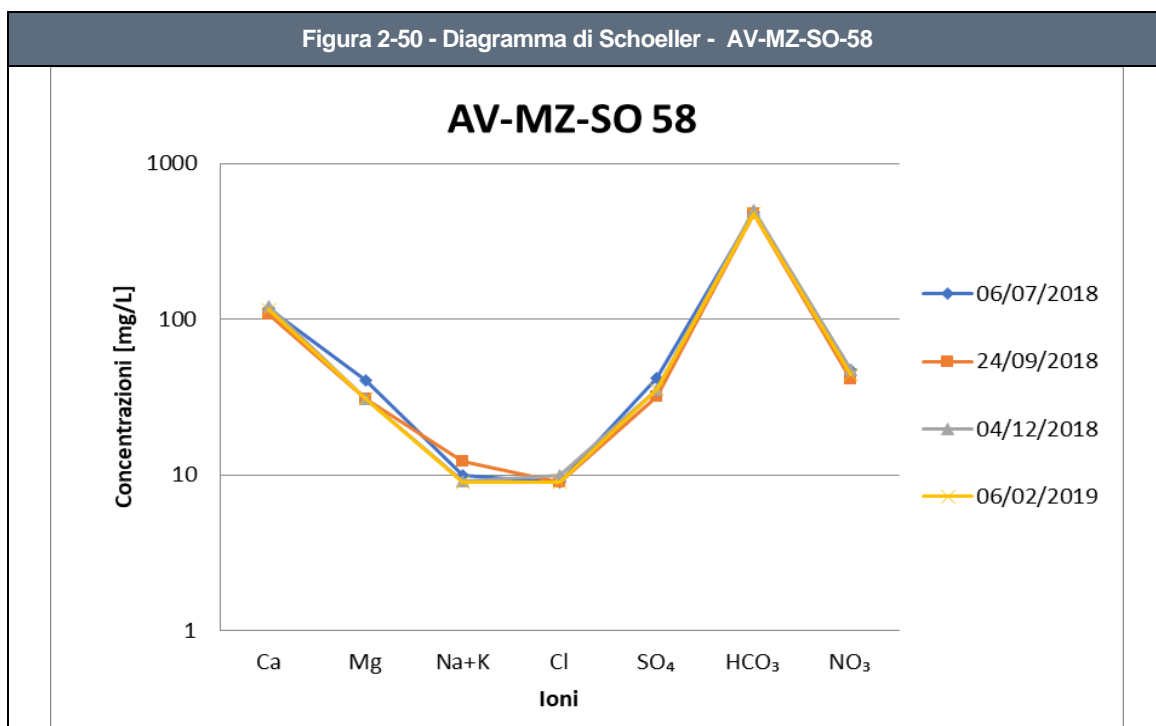
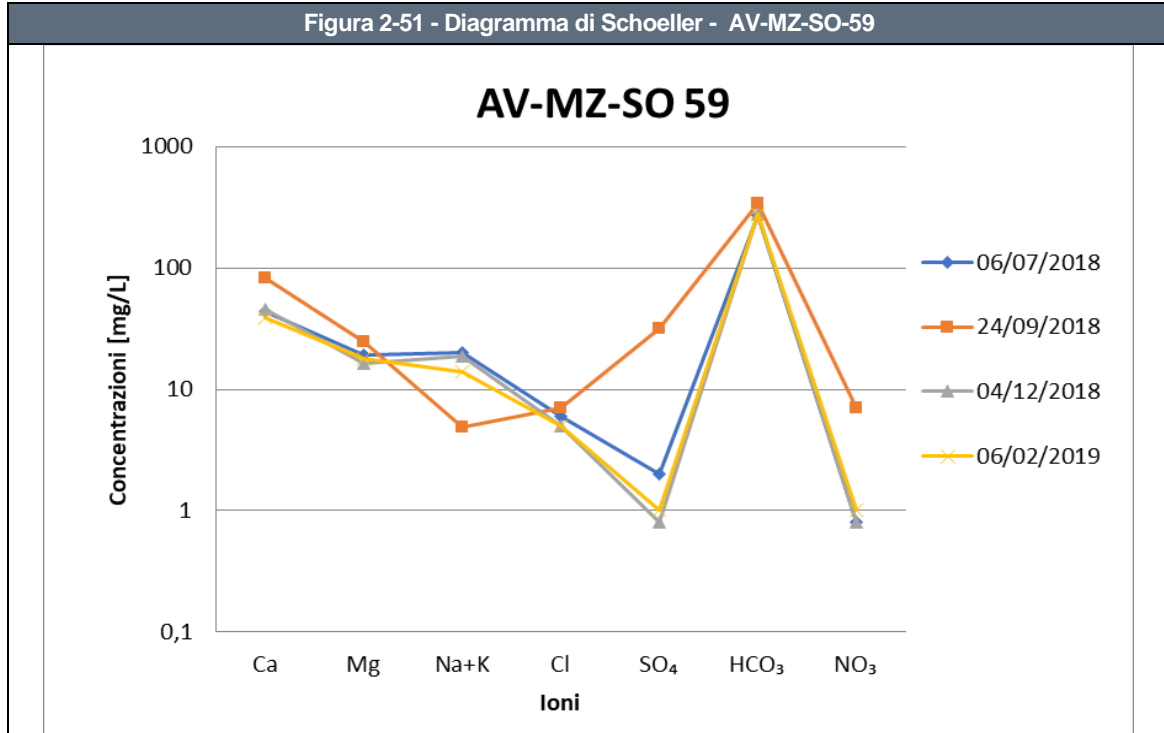


Figura 2-51 - Diagramma di Schoeller - AV-MZ-SO-59



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni, si nota che essi non sono completamente sovrapponibili. Inoltre l'andamento della spezzata relativa al campionamento di settembre 2018, presso il piezometro AV-MZ-SO-59, si discosta dagli andamenti relativi alle altre sessioni di monitoraggio. Questo *outlier* potrebbe rappresentare, a parere degli scriventi, un errore occorso in fase di campionamento o analisi.

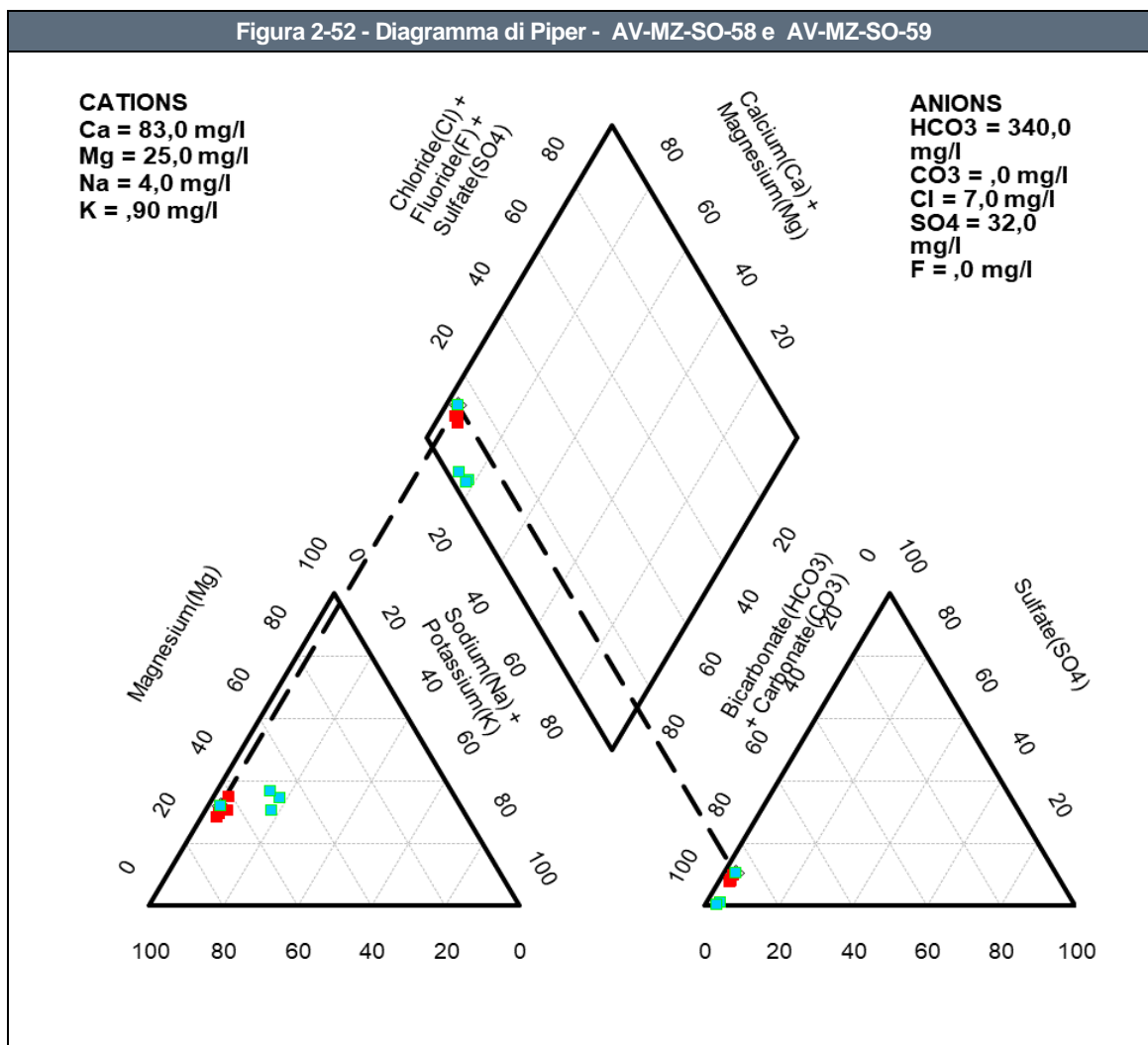
La profondità di installazione dei piezometri risulta essere pari a 50 m da p.c. per entrambi i piezometri, mentre il tratto fessurato varia da 40 m a 50 m per il AV-MZ-SO-58 e da 27 m a 50 m per il AV-MZ-SO-59.

Gli orizzonti di terreno intercettati dai due punti di monitoraggio sono differenti: il piezometro AV-PZ-SO-35, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta uno spessore di limo da sabbioso a con sabbia, deb. argilloso localmente argilloso, rara ghiaia fino a 47,5 m da p.c. e ghiaia con sabbia, da deb. limosa a limosa fino a f.f.; il piezometro AV-MZ-SO-59, da 27 m a 31,1 m, intercetta sabbia con limo, deb. ghiaiosa, deb. argillosa poi fino a 40 m da p.c. intercetta sabbia con ghiaia, argillosa e limosa e infine, fino a f.f., intercetta uno strato di ghiaia limosa, sabbiosa con intercalazioni di limo con sabbia fine.

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati, presso le due stazioni, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dalle due stazioni sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-MZ-SO-58 (indicate in rosso) e di AV-MZ-SO-59 (in azzurro) non siano corrispondenti nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-46** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono alcuni scostamenti tra il piezometro di monte e quello di valle, in particolare per i parametri Ossigeno disciolto e Potenziale redox.

Tabella 2-46 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam								
Data prelievo	AV-MZ-SO-58				AV-MZ-SO-59			
	06/07/2018	24/09/2018	04/12/2018	06/02/2019	06/07/2018	24/09/2018	04/12/2018	06/02/2019
Temperatura (°C)	15	16,3	14,6	14,4	15,7	21	14,4	14,6
pH (unità pH)	7,7	7	6,8	6,9	7,7	7,2	7,4	7,5
Potenziale Redox (mV)	109	62	62	44	114	44	-48	-228
Ossigeno disciolto (mg/l)	4,5	4,18	4,91	8,6	0,2	1,83	0,22	0,07
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	808	730	714	724	376	555	347	346

2.14.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-MZ-SO-58 e AV-MZ-SO-59, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam. Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei seguenti casi:

- Il parametro Triclorometano per AV-MZ-SO-58 nella seconda campagna di monitoraggio (0,26 µg/l); tale valore non è stato rilevato nelle campagne successive;
- Il parametro manganese per AV-MZ-SO-59 in tutte le campagne eseguite ad eccezione di quella svolta a settembre 2018.

Nella seguente **Tabella 2-47** si riporta una sintesi delle concentrazioni nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 2-47 - Risultati monitoraggi parametri				
AV-MZ-SO-58				
	06/07/2018	24/09/2018	04/12/2018	06/02/2019
Triclorometano (CSC 0,15 µg/l)	<0,01	0,26	<0,01	<0,01
AV-MZ-SO-59				
	06/07/2018	24/09/2018	04/12/2018	06/02/2019
Manganese (CSC 50 µg/l)	67	<5	88	80

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si sintetizzano i superamenti riscontrati.

2.15. AV-CA-SO-60 (n.d.) e AV-CA-SO-61 (n.d.)

2.15.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame ricadono nel territorio comunale di Calcinato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-53 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-CA-SO-60	AV-CA-SO-61
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	108+600	108+600
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Calcinato	Calcinato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 607822.07	E: 608496.59
	N: 5036387.03	N: 5035573.26



Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali).

I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici. Inoltre, nell'area di Calcinato, sono presenti alcune colline con direzione N-S, appartenenti alla cerchia morenica più esterna dell'Anfiteatro Gardesano.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c..

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-48** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio AO svolte da settembre 2018 a febbraio 2019.

Tabella 2-48 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam

Piezometro	Udm	Data rilievo (AO)			
		24/09/2018	04/12/2018	07/01/2019	06/02/2019
AV-CA-SO-60 (n.d.)	m s.l.m.	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
AV-CA-SO-61 (n.d.)	m s.l.m.	97,26	98,22	96,6	94,48
Variazione (M-V)	m	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Il piezometro AV-CA-SO-60 è sempre risultato asciutto (tempi di ricarica lunghi) per cui non è mai stato possibile effettuare uno spurgo dinamico e successivo campionamento.

In considerazione della mancata misura del livello idrico nel piezometro AV-CA-SO-60 e del fatto che i due piezometri non risultano allineati in maniera ottimale lungo la direzione presunta di flusso delle acque sotterranee, la classificazione dei piezometri come punti di monte e di valle dovrà necessariamente essere verificata con successive campagne di rilievo freaticometrico.

2.15.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

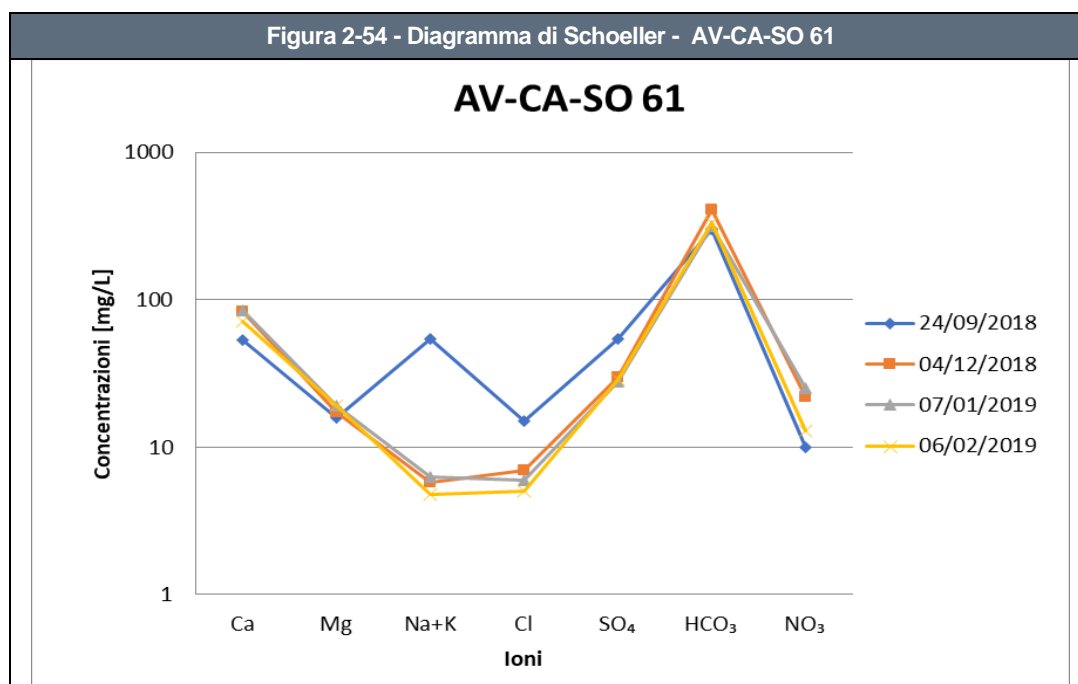
Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee. Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali del diagramma di Shoeller (**Figura 2-54**) e di Piper (**Figura 2-55**), per il solo piezometro AV-CA-SO-61, ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nella fase AO e riassunti in **Tabella 2-49**.

Tabella 2-49 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di AO

AV-CA-SO-60 e AV-CA-SO-61									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-CA-SO-60	24/09/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-CA-SO-61	24/09/2018	53,3	15,9	54,7	15	54	300	10
n.d.	AV-CA-SO-60	04/12/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-CA-SO-61	04/12/2018	82,6	17,2	5,8	7	30	411	22
n.d.	AV-CA-SO-60	07/01/2019	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-CA-SO-61	07/01/2019	85	19,1	6,3	6	28	318	25
n.d.	AV-CA-SO-60	06/02/2019	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-CA-SO-61	06/02/2019	71,8	19,1	4,8	5	29	335	13

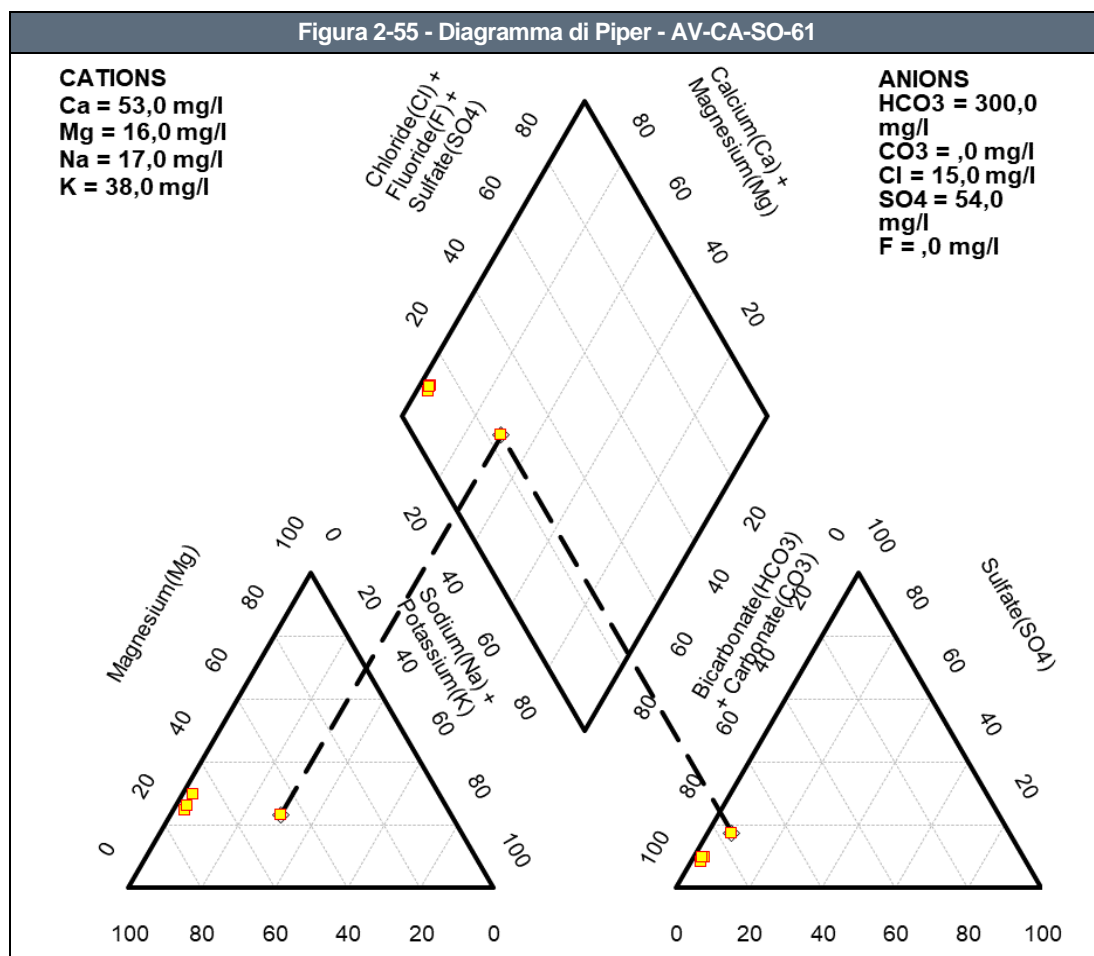
Figura 2-54 - Diagramma di Schoeller - AV-CA-SO 61



Il piezometro AV-CA-SO-60 è sempre risultato asciutto, ovvero con tempi di ricarica lunghi per cui non è mai stato possibile effettuare un campionamento dinamico. Per questo punto di monitoraggio non è pertanto possibile proporre alcuna considerazione in merito alle caratteristiche chimiche delle acque intercettate.

Il piezometro AV-CA-SO-61 mostra una generale dominanza bicarbonato-calcica, con un'evidente anomalia però nella sessione di settembre 2018 per il parametro $K^+ + Mg^{2+}$, che risulta di un ordine di grandezza superiore al valore riscontrato in tutte le campagne successive. Questo *outlier* potrebbe rappresentare, a parere degli scriventi, un errore occorso in fase di campionamento o analisi.

Le considerazioni sopra esposte trovano conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire, dove in giallo sono riportate le concentrazioni dei parametri di AV-CA-SO-61 e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma. Da ciò è possibile individuare, una facies "bicarbonato calcica", pur con l'anomalia del valore relativo alla campagna di settembre 2018 di cui si è detto in precedenza.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-50** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda prelevata dal piezometro AV-CA-SO-61 nelle diverse campagne di monitoraggio AO. Non si osserva nessuna particolare variazione o tendenza nel corso delle diverse sessioni di campionamento.

Tabella 2-50 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di AO				
AV-CA-SO-61				
Data prelievo	24/09/2018	04/12/2018	07/01/2019	06/02/2019
Temperatura (°C)	18,1	16,4	16,1	17
pH (unità pH)	7,5	7,1	7,3	7,5
Potenziale Redox (mV)	42	62	96	17
Ossigeno disciolto (mg/l)	2,75	3,82	5,31	5,92
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	583	460	477	459

2.15.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta al piezometro AV-CA-SO-61, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale piezometro, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**). Va tuttavia evidenziata la presenza rilevabile di Tetracloroetilene, che – pur con valori sistematicamente inferiori alle CSC stabilite dalla normativa citata – indica comunque l'esistenza di un contributo nell'area da parte di una sorgente al momento non identificabile.

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera solo se in futuro il piezometro AV-CA-SO-60 sarà campionabile.

2.16. AV-LO-SO-62_SUP (n.d.) e AV-LO-SO-63_SUP (n.d.)

2.16.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame ricadono nel territorio comunale di Lonato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-56 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-LO-SO-62_SUP	AV-LO-SO-63_SUP
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	115+870	116+530
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Lonato	Lonato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 614898.28	E: 615371.92
	N: 5035093.63	N: 5034314.95



Dal punto di vista geomorfologico, l'area è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali).

I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c..

Infine, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato si rileva la presenza di falde sospese non correlabili fra loro.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-51** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio CO, svolte da agosto 2019 a febbraio 2020.

Tabella 2-51 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase in corso d'opera

Piezometro	Udm	Data rilievo					
		27/08/2019	15/11/2019	02/12/2019	19/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
AV-LO-SO-62_SUP (ip:M)	m (da p.c.)	125,84	asciutto	121,89	117,04	115,57	asciutto
AV-LO-SO-63_SUP (ip:V)	m (da p.c.)	119,40	asciutto	118,83	113,85	111,64	asciutto
Variazione (M-V)	m	6,44	n.d.	3,06	3,19	3,93	n.d.

Dai monitoraggi effettuati, si nota che i livelli di falda presentano variazioni stagionali e le differenze ottenute tra i livelli di quota delle due stazioni sono significative; si può quindi ipotizzare che esse non si riferiscono al medesimo acquifero e, come confermato anche dallo studio idrogeologico, non è possibile definire il rapporto M/V poiché tali stazioni si trovano sulla medesima isopiezometrica.

2.16.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri in esame, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. - **Figura 2-58**) e di Piper (**Figura 2-59**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nella fase CO e riassunti in **Tabella 2-52**. È stato possibile campionare i due piezometri nelle sole sessioni di agosto e dicembre 2019.

Tabella 2-52 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di CO

AV-LO-SO-62_SUP e AV-LO-SO-63_SUP									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-LO-SO-62_SUP	27/08/2019	55	12,4	7,6	5	30	194	6
n.d.	AV-LO-SO-63_SUP	27/08/2019	113	23,5	12	8	22	408	47
n.d.	AV-LO-SO-62_SUP	15/11/2019	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-63_SUP	15/11/2019	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-62_SUP	02/12/2019	54,6	12,7	6,9	6	24	202	5
n.d.	AV-LO-SO-63_SUP	02/12/2019	98,4	24,2	16,2	20	16	374	39
n.d.	AV-LO-SO-62_SUP	19/12/2019	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-63_SUP	19/12/2019	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-62_SUP	27/01/2020	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-63_SUP	27/01/2020	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-62_SUP	25/02/2020	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-LO-SO-63_SUP	25/02/2020	-	-	-	-	-	-	-

Figura 2-57 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-62_SUP

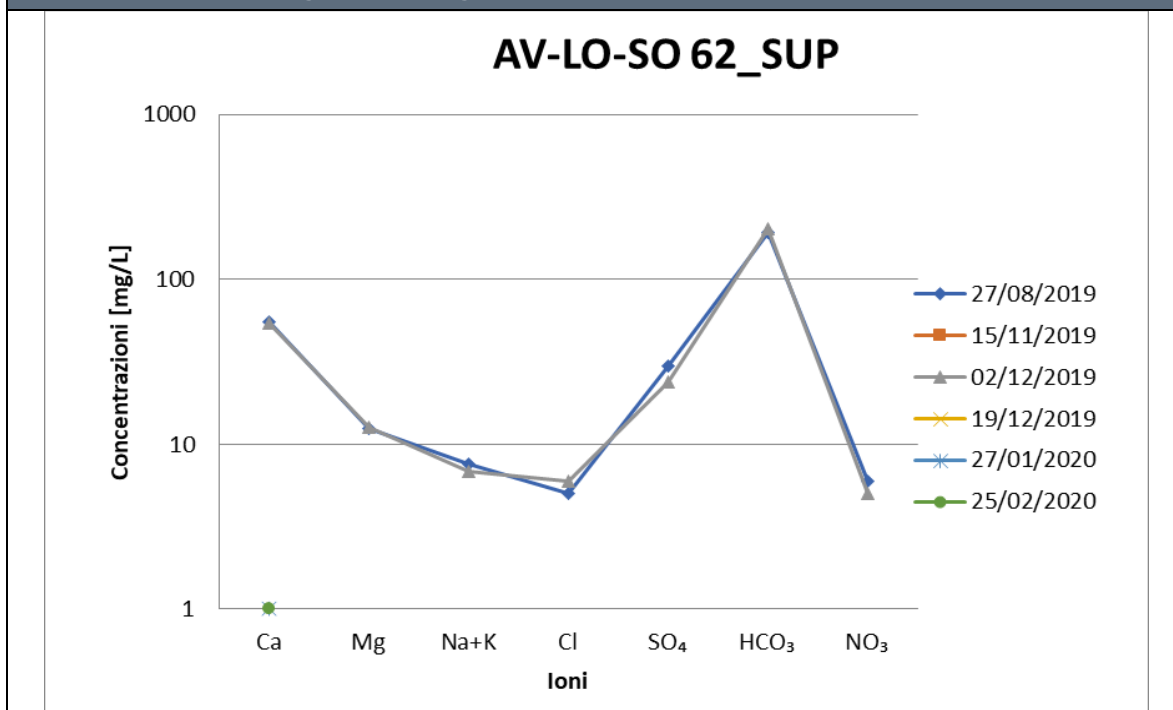
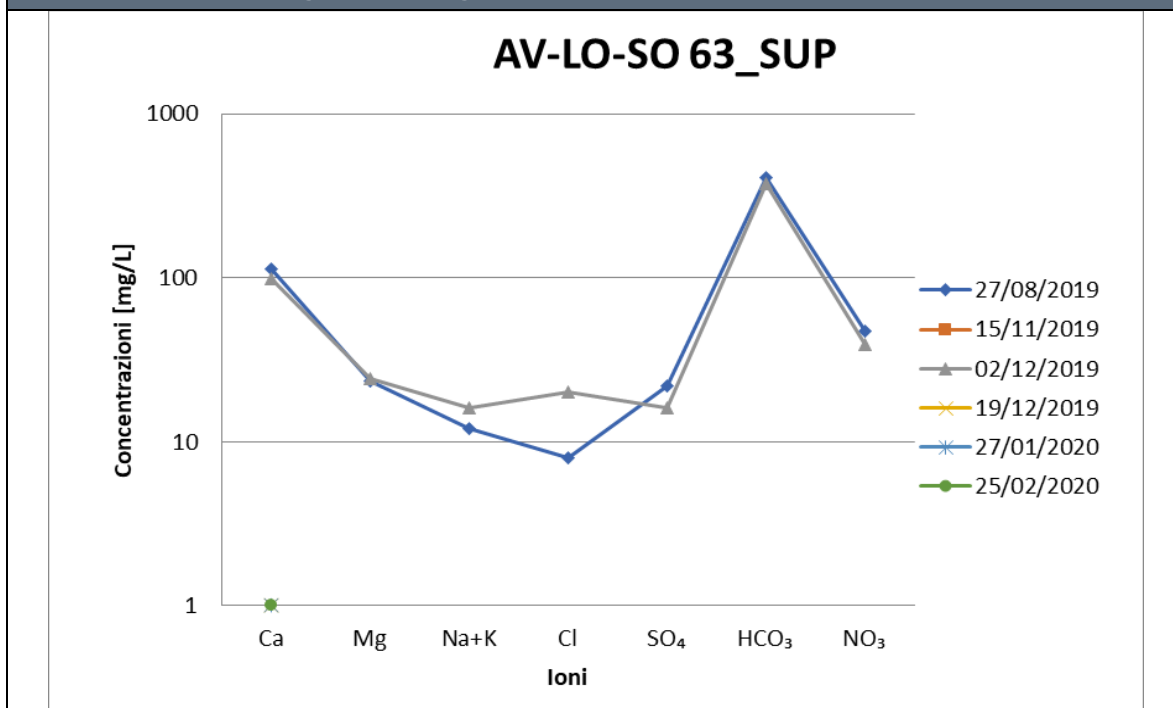


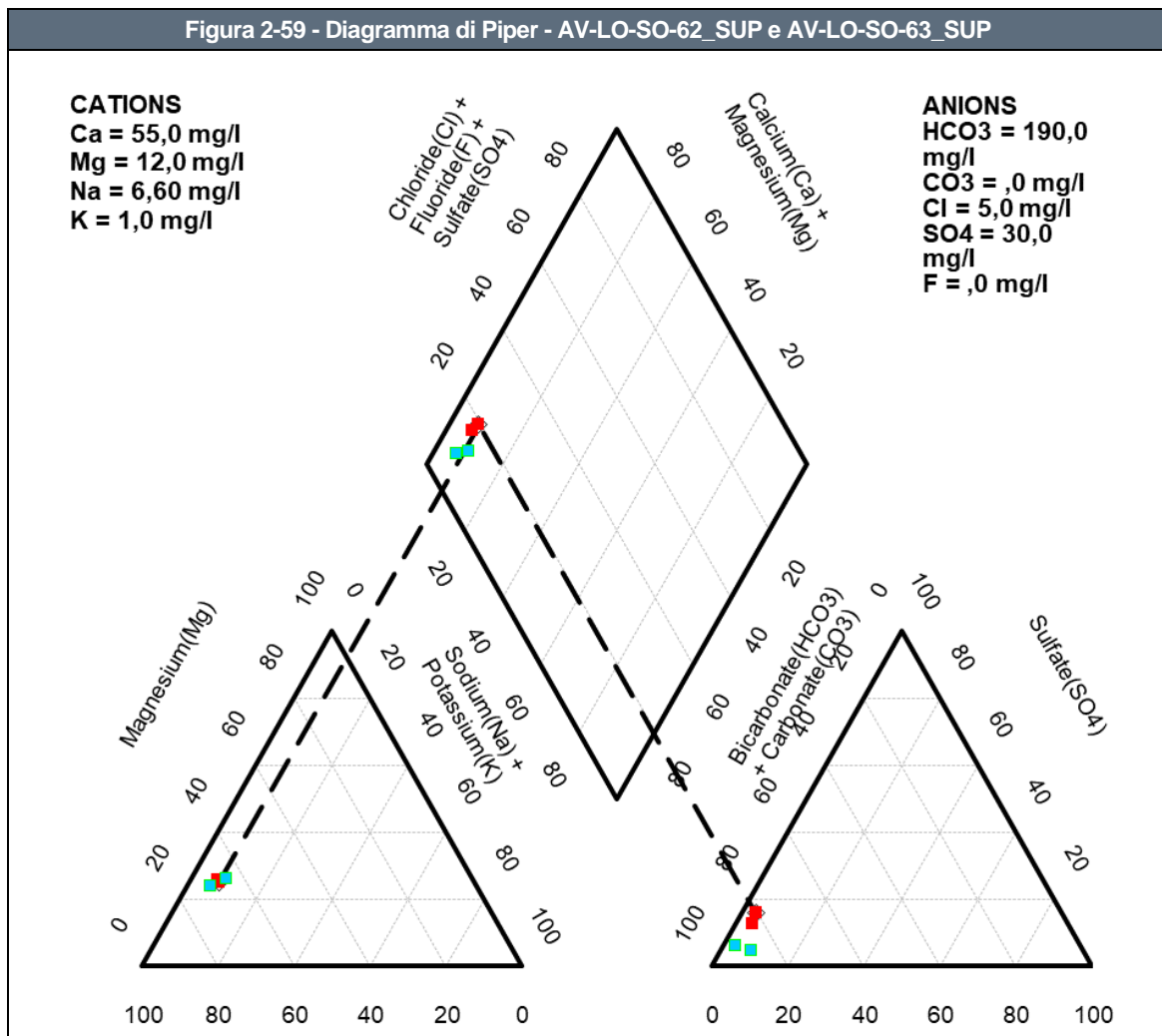
Figura 2-58 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-63_SUP



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili, in riferimento soprattutto ai Cloruri e Nitrati. Di conseguenza, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dalle due stazioni sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-LO-SO-62_SUP (indicate in rosso) e di AV-LO-SO-63_SUP (in azzurro) non siano corrispondenti nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-53** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata nelle due sessioni in cui è stato possibile effettuare il campionamento (agosto e dicembre 2019) in fase CO.

Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i due piezometri, ad eccezione del parametro Conducibilità elettrica.

Tabella 2-53 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase CO				
	AV-LO-SO-62_SUP		AV-LO-SO-63_SUP	
Data prelievo	27/08/2019	02/12/2019	27/08/2019	02/12/2019
Temperatura (°C)	18,2	16,7	19,4	16,7
pH (unità pH)	7,6	7,8	7	7,4
Potenziale Redox (mV)	146	72	147	105
Ossigeno disciolto (mg/l)	5,31	8,01	5,61	7,54
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	319	376	611	687

2.16.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-LO-SO-62_SUP e AV-LO-SO-63_SUP, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di CO.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

2.17. AV-LO-SO-62_PROF (n.d.) e AV-LO-SO-63_PROF (n.d.)

2.17.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame ricadono nel territorio comunale di Lonato (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 2-60 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-LO-SO-62_PROF	AV-LO-SO-63_PROF
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	115+870	116+530
Provincia	Brescia	Brescia
Comune	Lonato	Lonato
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 614898.28	E: 615371.92
	N: 5035093.63	N: 5034314.95



Dal punto di vista geomorfologico, l'area è caratterizzata da una morfologia prevalentemente pianeggiante, debolmente digradante verso sud ovest e si colloca nella macro zona "Alta Pianura Padana". Essa è costituita da depositi prevalentemente fluvioglaciali costituiti da materiali grossolani (ghiaie, sabbie e ciottoli) con contenuto in materiale fine molto variabile (legato all'energia di deposizione degli scaricatori fluvioglaciali). I materiali risultano essere generalmente molto omogenei sul territorio, fatta eccezione per locali aree caratterizzate da depositi più fini di origine fluviale o interessate da elementi tettonici.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata dalla Falda Principale Superficiale, ascrivibile alla falda libera dell'Acquifero Tradizionale. Questo corpo idrico, nella porzione di territorio occidentale (fra i comuni di Brescia e Calcinato) ha direzione di flusso variabile da NNO-SSE e una soggiacenza media compresa fra circa -30.0 ÷ -35.0 m da p.c.. Infine, nella zona piana fluvioglaciale compresa fra Calcinato e Lonato si rileva la presenza di falde sospese non correlabili fra loro.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 2-54** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio CO, svolte da agosto 2019 a febbraio 2020.

Tabella 2-54 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase in corso d'opera

Piezometro	Udm	Data rilievo					
		27/08/2019	28/10/2019	02/12/2019	20/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
AV-LO-SO-62_PROF (ip:M)	m (da p.c.)	-	-	86,52	86,69	88,20	87,12
AV-LO-SO-63_PROF (ip.V)	m (da p.c.)	-	-	85,08	86,09	85,69	86,36
Variazione (M-V)	m	-	-	1,44	0,60	2,51	0,76

Dai monitoraggi effettuati, si potrebbe classificare il piezometro AV-LO-SO-62_PROF come punto di monte e del AV-LO-SO-63_PROF come punto di valle. Dall'analisi dello studio idrogeologico però emerge che tali punti sono ubicati sulla medesima isopiezometrica e di conseguenza non è possibile definire il rapporto M/V.

2.17.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee. Gli anioni CO₃²⁻ e F⁻ non sono stati considerati

nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi. Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 2-61– Figura 2-62**) e di Piper (**Figura 2-63**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio nelle fasi AO e CO e riassunti in **Tabella 2-55**.

Tabella 2-55 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di CO

AV-LO-SO-62_PROF e AV-LO-SO-63_PROF									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-LO-SO-62_PROF	27/08/2019	55,7	13	7,4	5	29	206	6
n.d.	AV-LO-SO-63_PROF	27/08/2019	86,7	24,3	10,7	11	31	328	32
n.d.	AV-LO-SO-62_PROF	28/10/2019	52,1	15,7	7,8	5	27	209	6
n.d.	AV-LO-SO-63_PROF	28/10/2019	84,1	23,2	8,2	9	29	330	31
n.d.	AV-LO-SO-62_PROF	02/12/2019	71,5	17,5	7,9	8	24	263	17
n.d.	AV-LO-SO-63_PROF	02/12/2019	93,6	26	9,5	12	29	334	48
n.d.	AV-LO-SO-62_PROF	20/12/2019	78,8	19,9	7,9	9	31	316	30
n.d.	AV-LO-SO-63_PROF	20/12/2019	85,8	23	8,5	13	30	330	51
n.d.	AV-LO-SO-62_PROF	27/01/2020	100,3	25,2	9,4	16	30	349	61
n.d.	AV-LO-SO-63_PROF	27/01/2020	95	24,3	8,2	9	33	339	39
n.d.	AV-LO-SO-62_PROF	25/02/2020	100,2	24,3	7	10	34	343	46
n.d.	AV-LO-SO-63_PROF	25/02/2020	104,8	26,5	9,7	17	30	344	67

Figura 2-61 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-62_PROF

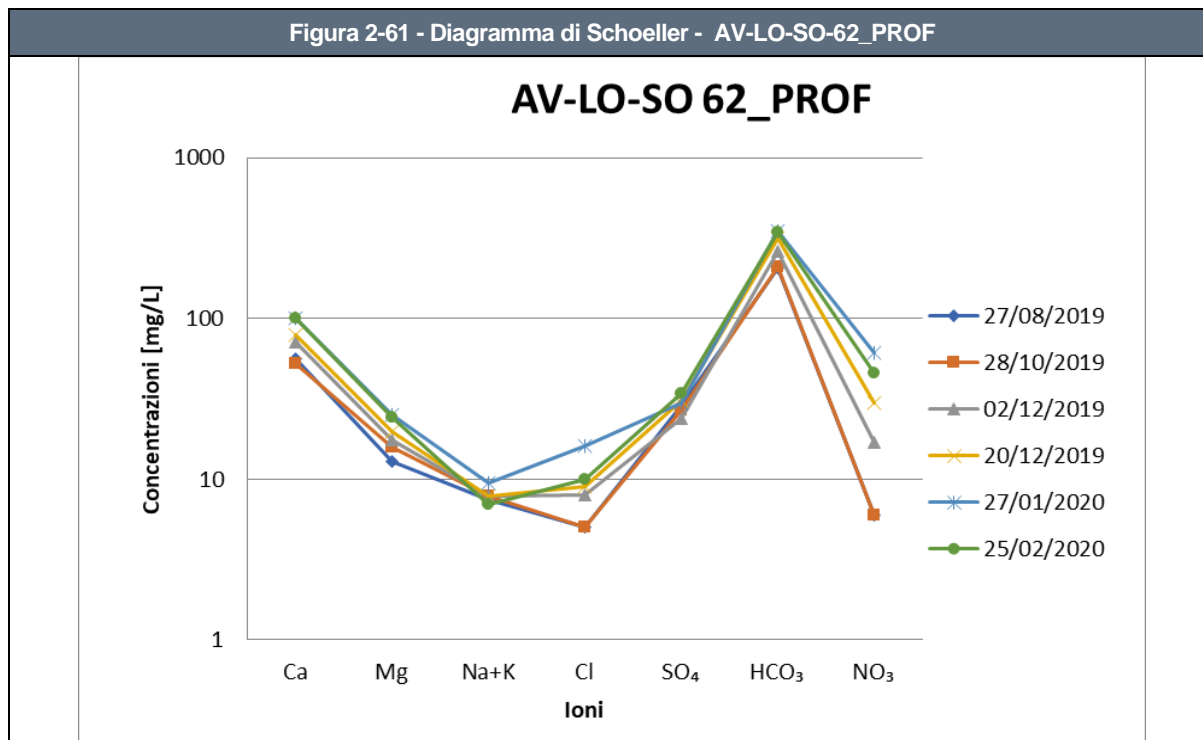
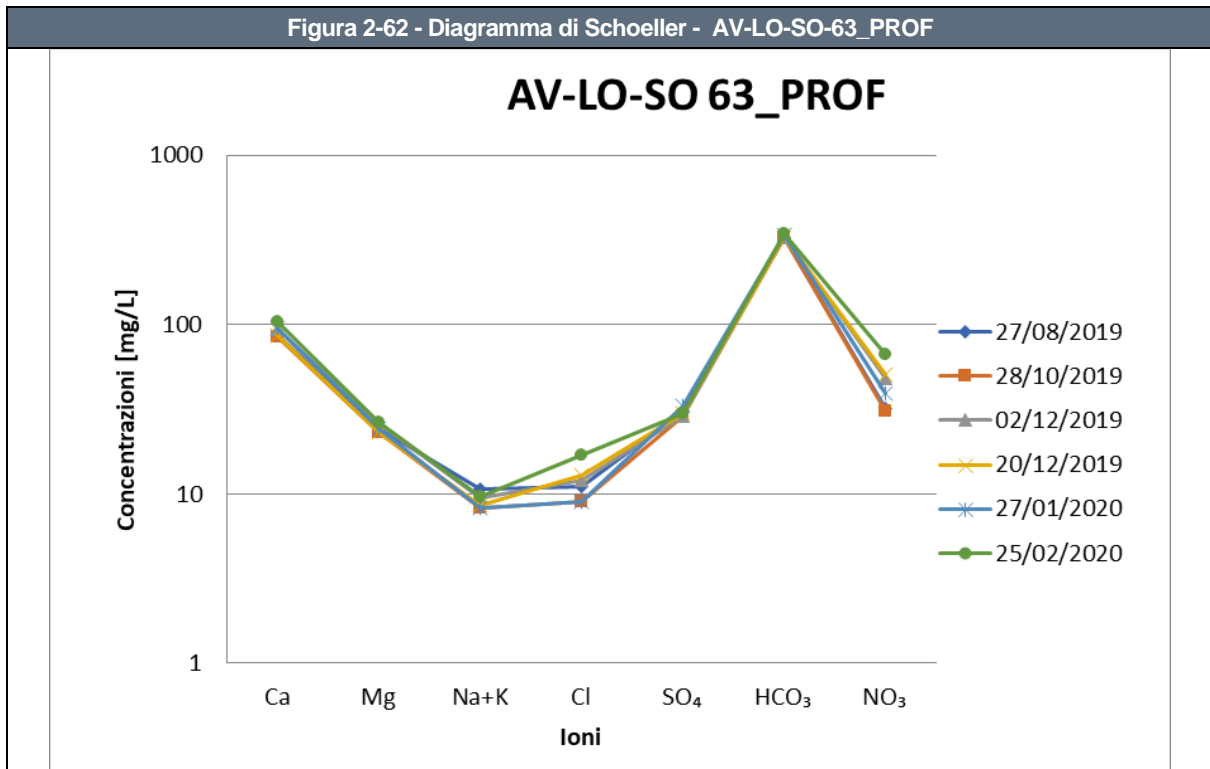


Figura 2-62 - Diagramma di Schoeller - AV-LO-SO-63_PROF

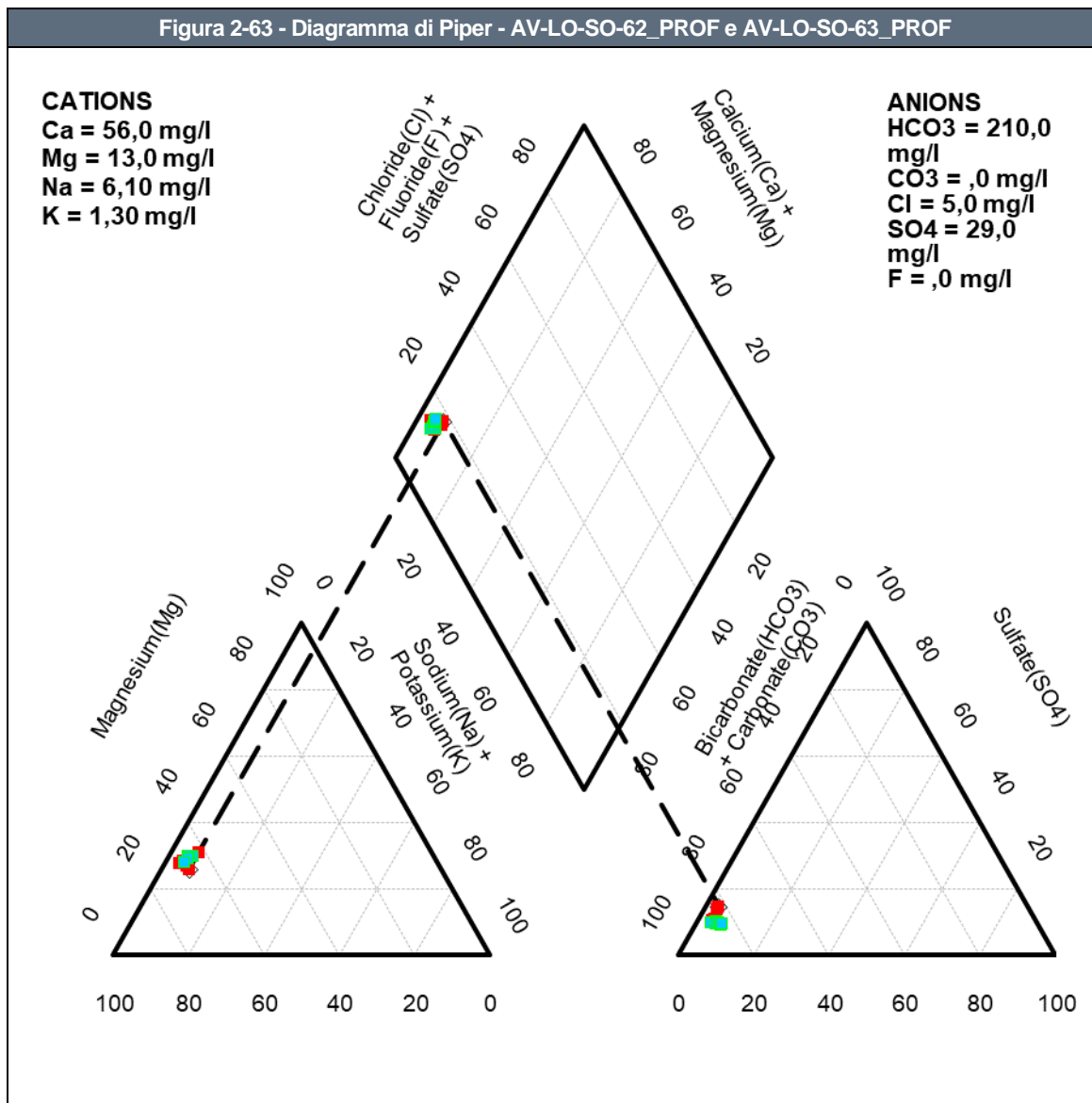


Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, che risultano pressoché sovrapponibili, si può concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di AV-LO-SO-62_PROF e in azzurro quelle di AV-LO-SO-63_PROF e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati.

Figura 2-63 - Diagramma di Piper - AV-LO-SO-62_PROF e AV-LO-SO-63_PROF



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 2-56** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio CO.

Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i due piezometri, ad ulteriore conferma dell'omogeneità dell'acqua analizzata.

Tabella 2-56 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase CO – parte I

	AV-LO-SO-62_PROF					
Data prelievo	27/08/2019	28/10/2019	02/12/2019	20/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Temperatura (°C)	18,4	18,5	17,6	15,8	16,5	16,8
pH (unità pH)	7,6	7,7	7,7	7,3	7,2	7,2
Potenziale Redox (mV)	148	102	65	89	98	72
Ossigeno disciolto (mg/l)	/	6,76	8,21	7,21	6,8	6,9
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	326	320	480	583	632	668

Tabella 2-56 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase CO – parte II

	AV-LO-SO-63_PROF					
Data prelievo	27/08/2019	28/10/2019	02/12/2019	20/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Temperatura (°C)	15,8	16,9	15,9	15,4	15,9	16,6
pH (unità pH)	7,1	7,4	7,3	7,2	7,2	7,2
Potenziale Redox (mV)	92	95	103	91	94	67
Ossigeno disciolto (mg/l)	6,09	7,49	7,2	7,13	6,56	6,13
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	506	519	648	653	696	720

2.17.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-LO-SO-62_PROF e AV-LO-SO-63_PROF, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di CO.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, sono stati rilevati frequenti superamenti per il Tetracloroetilene, in concentrazioni maggiori presso AV-LO-SO-63_PROF e un unico superamento per il Ferro, nella prima campagna di monitoraggio CO, presso la stazione AV-LO-SO-63_PROF (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Nella seguente **Tabella 2-57** si riporta una sintesi delle concentrazioni di Tetracloroetilene nelle n.10 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamenti registrati.

Tabella 2-57 - Risultati monitoraggi parametri

AV-PE-SO-62_PROF						
	27/08/2019	28/10/2019	02/12/2019	20/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Tetracloroetilene (CSC 1,1 µg/l)	0,2	0,7	0,6	2,9	3,3	3,3
AV-PE-SO-63_PROF						
	27/08/2019	28/10/2019	02/12/2019	20/12/2019	27/01/2020	25/02/2020
Ferro (CSC 200 µg/l)	469	<20	<20	<20	<20	<20
Tetracloroetilene (CSC 1,1 µg/l)	3,1	2,9	3,7	4,3	4,1	3,8

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e una sintesi dei superamenti rilevati.

3. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI – REGIONE VENETO

3.1.AV-PE-SO-04 (n.d.), AV-PE-SO-05 (n.d.), AV-PE-SO-09 (n.d.) e AV-PE-SO-57 (n.d.)

3.1.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai tre punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I quattro piezometri in esame sono ubicati nel comune di Peschiera del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-1 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-PE-SO-04	AV-PE-SO-05	AV-PE-SO-09	AV-PE-SO-57
Posizione	Nord	Sud	Sud	Sud
WBS di progetto	-	-	-	-
pK	133+050	133+100	133+400	132+900
Provincia	Verona	Verona	Verona	Verona
Comune	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda
Località	-	-	-	-
Aree protette	-	-	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 631695.44	E: 631765.36	E: 632000.70	E: 631549.03
	N: 5032079.39	N: 5031985.89	N: 5031917.65	N: 5032440.33



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre. I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda. I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i tre piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Figura 3-1** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO).

Tabella 3-1 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam

Piezometro	Udm	Data rilievo				
		24/11/2017	05/02/2018	-	20/06/2018	12/09/2018
AV-PE-SO-04	m s.l.m.	82,9	83,39	-	83,77	83,34
		24/11/2017	05/02/2018	-	21/06/2018	13/09/2018
AV-PE-SO-05	m s.l.m.	85,66	85,88	-	86,68	86,28
		24/11/2017	05/02/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018
AV-PE-SO-09	m s.l.m.	83,3	83,16	83,26	83,31	82,86
		-	-	19/04/2018	20/06/2018	13/09/2018
AV-PE-SO-57	m s.l.m.	-	-	82,7	82,45	82,2

In tal caso, non si sono riportate le variazioni dei livelli di quota di falda confrontando coppia a coppia, poichè le misure effettuate non sono confrontabili, dato che i quattro piezometri sono ubicati in una zona idrogeologicamente molto complessa. Di conseguenza non è stato possibile chiarire il rapporto M/V tra essi.

3.1.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee. Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-2– Figura 3-3– Figura 3-4 e Figura 3-5**) e di Piper (**Figura 3-6**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-2**.

Tabella 3-2 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-PE-SO-04	24/11/2017	129,5	21,9	10,2	25	18	476	27
n.d.	AV-PE-SO-04	05/02/2018	140	24,1	9,6	23	17	506	25
n.d.	AV-PE-SO-04	20/06/2018	135,2	20,2	12	29	17	473	37
n.d.	AV-PE-SO-04	12/09/2018	116,6	24,4	12,5	95	30	457	27
n.d.	AV-PE-SO-05	24/11/2017	177,2	43,6	17,4	32	113	651	20
n.d.	AV-PE-SO-05	05/02/2018	185	47,6	18,5	28	86	642	12
n.d.	AV-PE-SO-05	21/06/2018	207,7	44	22,2	65	51	819	10
n.d.	AV-PE-SO-05	13/09/2018	149,3	38,1	22,4	54	60	722	8
n.d.	AV-PE-SO-09	24/11/2017	90,6	17,6	21,9	31	10	397	0,8
n.d.	AV-PE-SO-09	05/02/2018	115	22,6	22,8	35	27	449	0,8
n.d.	AV-PE-SO-09	19/04/2018	117,5	18	16,4	26	34	429	1
n.d.	AV-PE-SO-09	21/06/2018	93,3	23,7	19,2	31	14	425	0,8
n.d.	AV-PE-SO-09	13/09/2018	89,7	18,8	22,9	36	15	399	0,8
n.d.	AV-PE-SO-57	19/04/2018	116,2	33,7	16	10	49	544	0,8
n.d.	AV-PE-SO-57	20/06/2018	112,7	35,1	18,5	12	49	546	0,8
n.d.	AV-PE-SO-57	13/09/2018	125,5	34,5	23,6	25	51	613	0,8
n.d.	AV-PE-SO-57	17/01/2019	115	42	15,8	12	66	537	0,4

Figura 3-2 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-04

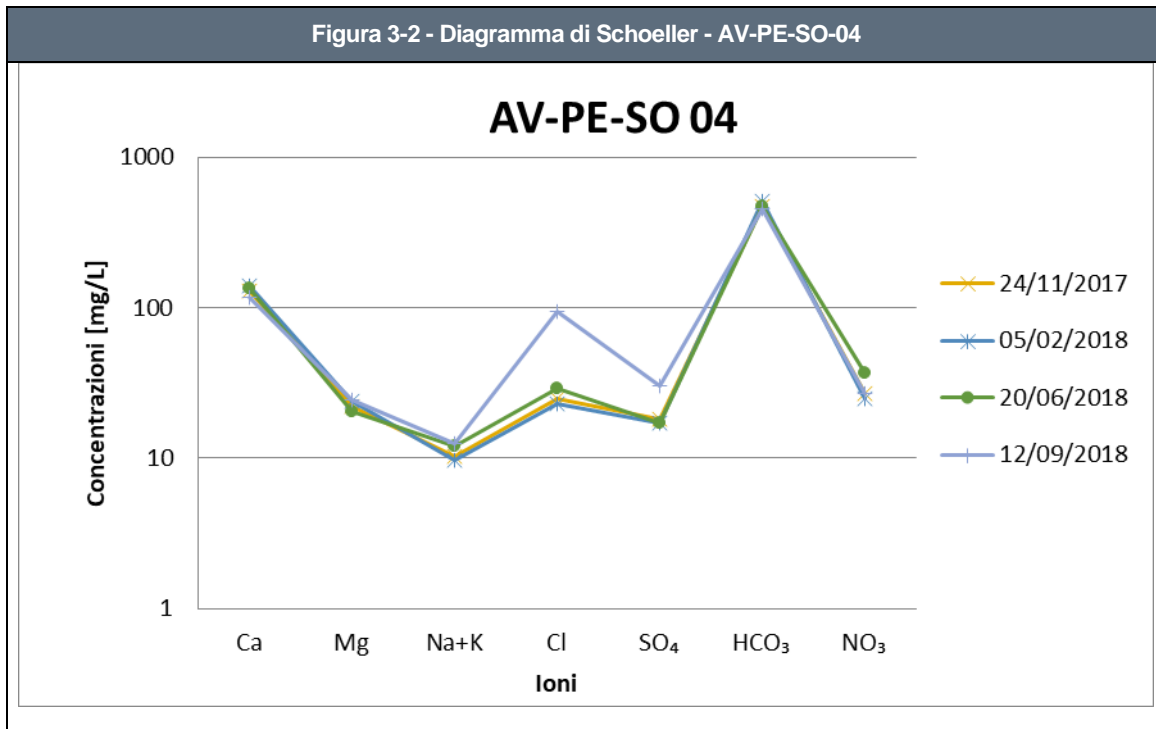


Figura 3-3 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-05

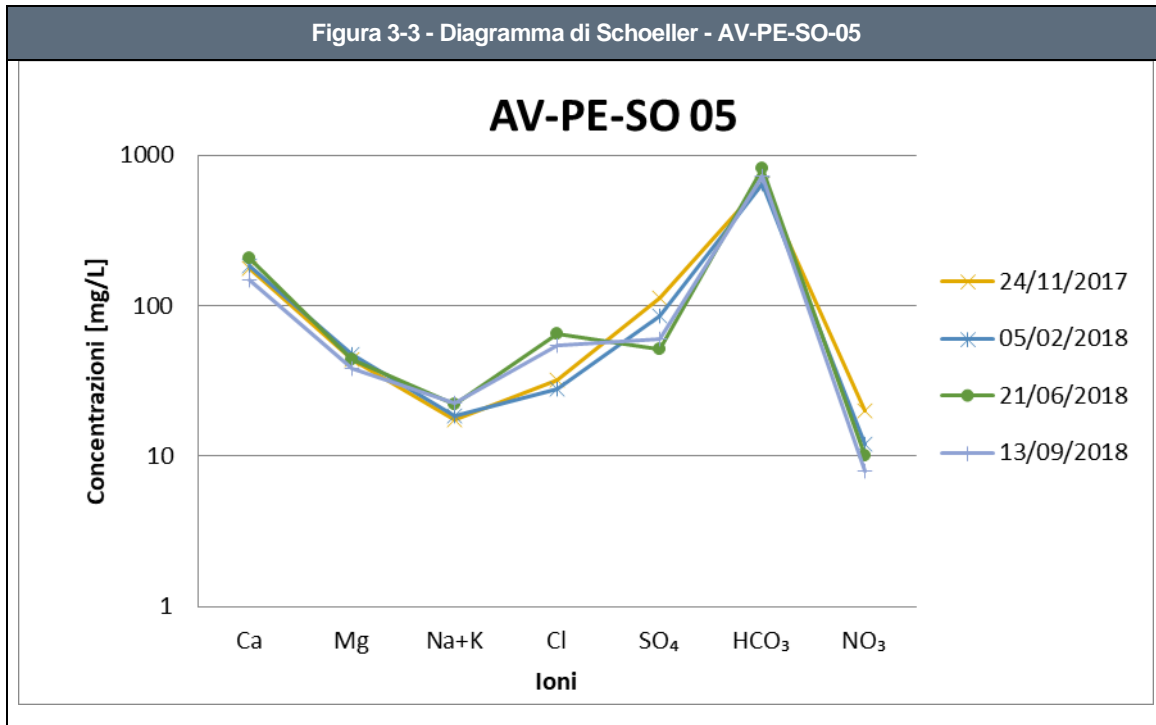


Figura 3-4 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-09

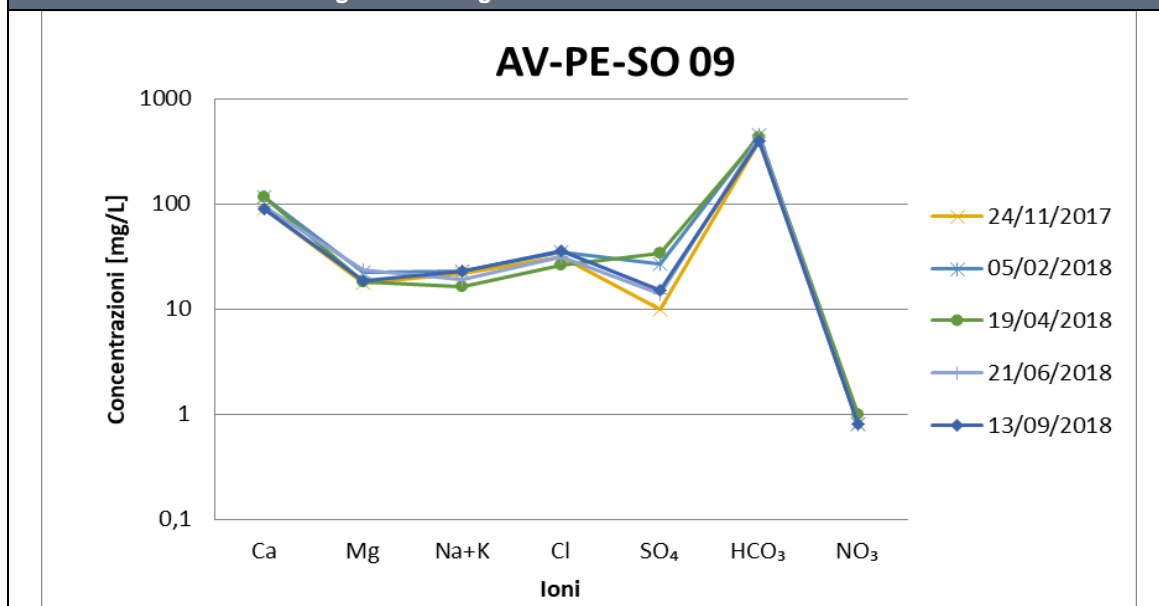
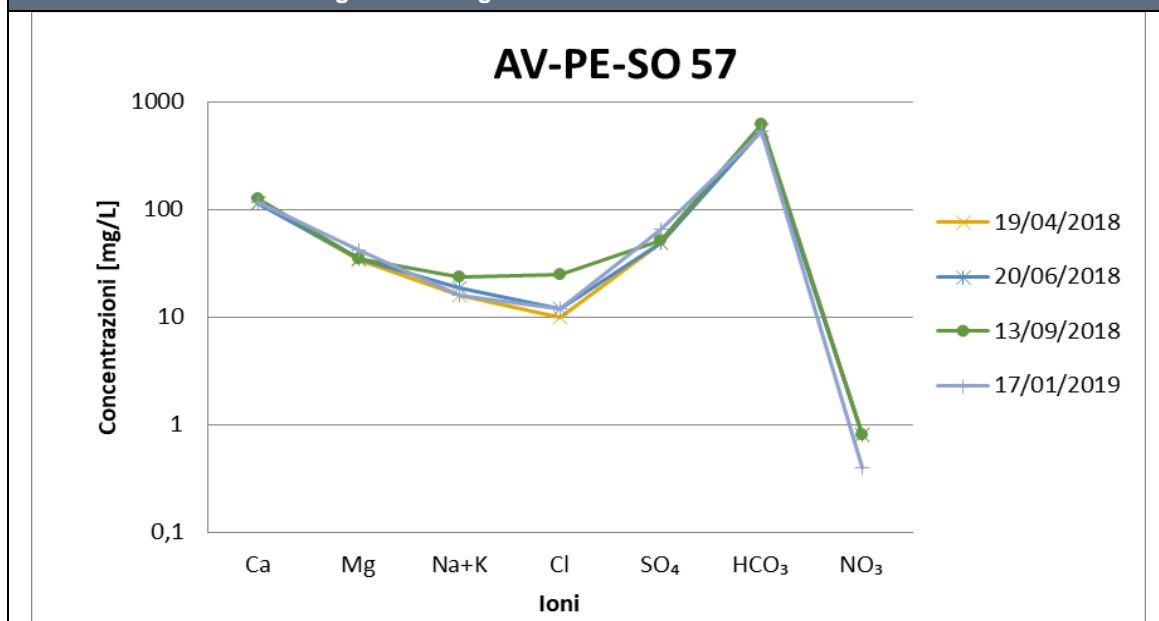


Figura 3-5 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-57

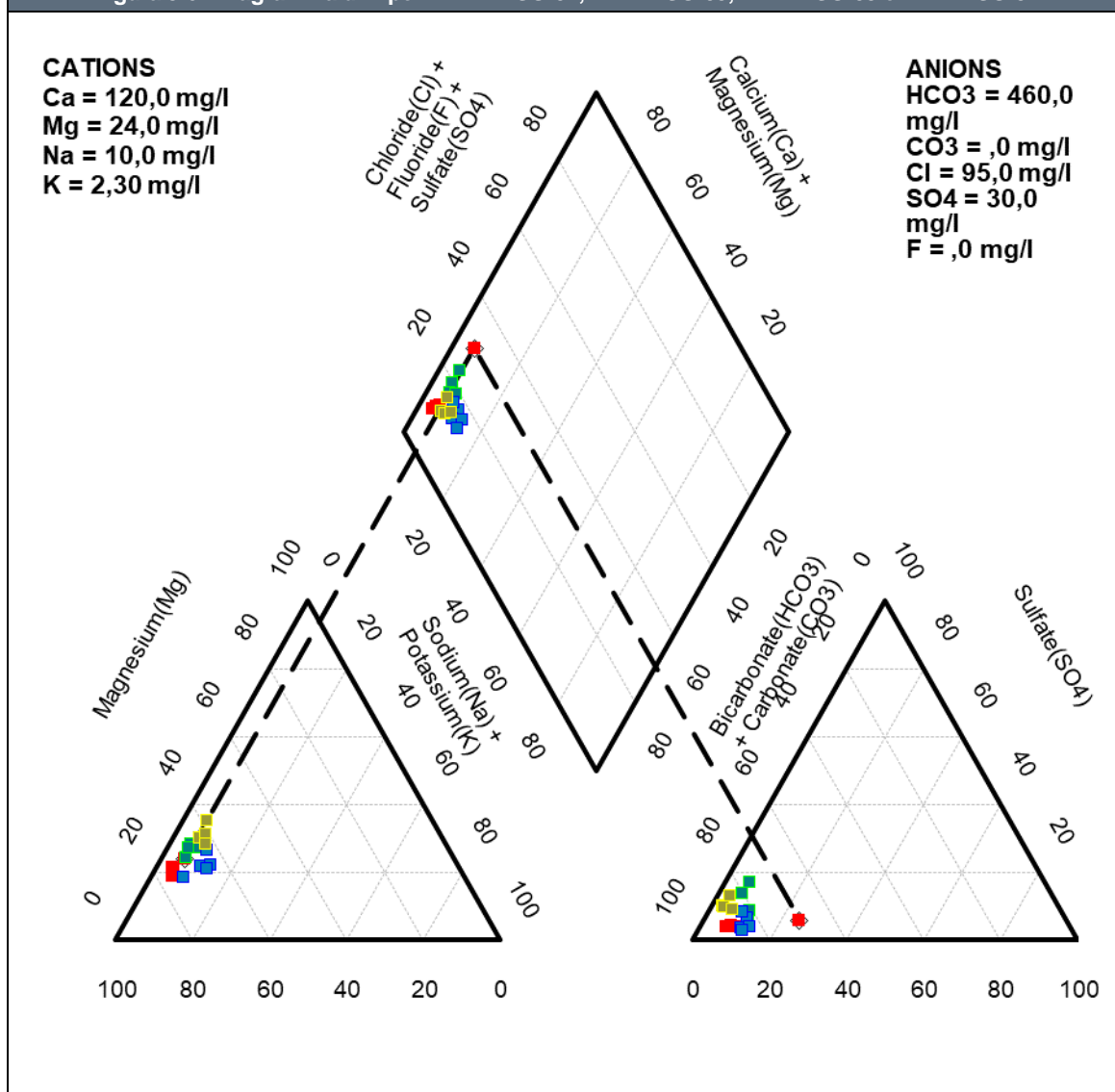


Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le stazioni, si nota che essi non sono sovrapponibili. Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di

Piper a seguire nel quale in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri del piezometro AV-PE-SO-04, in verde quelle del piezometro AV-PE-SO-05, in blu quelle del piezometro AV-PE-SO-09 e in giallo quelle del piezometro AV-PE-SO-57.

Come si può notare, tutti i punti si collocano nella porzione di sinistra del rombo, la quale indica una facies “bicarbonato calcica” per tutti e quattro i piezometri considerati. Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies “bicarbonato-calcica” per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile indicare in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-6 - Diagramma di Piper - AV-PE-SO-04, AV-PE-SO-05, AV-PE-SO-09 e AV-PE-SO-57



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-3** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono alcune variazioni tra i parametri dei piezometri considerati, come per il Potenziale Redox e l'Ossigeno Disciolto.

Tabella 3-3 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam					
	AV-PE-SO-04				
Data prelievo	24/11/2017	05/02/2018	20/06/2018	12/09/2018	
Temperatura (°C)	15,7	14,8	14	15,4	
pH (unità pH)	7	6,8	6,8	6,8	
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	778	755	786	1019	
Potenziale Redox (mV)	124	123	108	97	
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	1,74	2,55	3,25	1,75	
	AV-PE-SO-05				
Data prelievo	24/11/2017	05/02/2018	21/06/2018	13/09/2018	
Temperatura (°C)	15,7	16,3	17,4	15,8	
pH (unità pH)	6,8	6,6	6,5	6,8	
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	1100	1060	1147	1040	
Potenziale Redox (mV)	159	143	92	93	
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	0,29	0,58	0,42	0,32	
	AV-PE-SO-09				
Data prelievo	24/11/2017	05/02/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018
Temperatura (°C)	14,8	12	11,5	16,4	19,4
pH (unità pH)	7,2	7	7	6,9	7
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	645	700	697	656	665
Potenziale Redox (mV)	-117	-47	-12	-93	65
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	2,06	1,33	0,21	0,41	0,18
	AV-PE-SO-57				
Data prelievo	19/04/2018	20/06/2018	13/09/2018	17/01/2019	
Temperatura (°C)	14,8	15,4	16,8	-	
pH (unità pH)	7	6,9	6,9	7,21	
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	826	809	908	797	
Potenziale Redox (mV)	-83	-55	73	193	
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	0,24	0,21	0,14	6,9	

3.1.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-PE-SO-04, AV-PE-SO-05, AV-PE-SO-09 e AV-PE-SO-57, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tali piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei seguenti casi:

- I parametri Manganese e Ferro mostrano frequenti superamenti, soprattutto presso i piezometri AV-PE-SO-09 e AV-PE-SO-57;
- Il piezometro AV-PE-SO-09 presenta inoltre un solo superamento per il parametro Nichel (29 µg/l) che non si è più ripresentato nelle successive campagne di monitoraggio;
- Il piezometro AV-PE-SO-57 presenta inoltre un solo superamento per il parametro Arsenico (13 µg/l) che non si è più ripresentato nelle successive campagne di monitoraggio.

Nella seguente **Tabella 3-4** si riporta una sintesi delle concentrazioni nelle n.4/n.5 sessioni di monitoraggio realizzate, evidenziando i superamenti registrati (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-4 - Risultati monitoraggi parametri - AV-PE-SO 05, AV-PE-SO 09 e AV-PE-SO 57					
AV-PE-SO-05					
	24/11/2017	05/02/2018	21/06/2018	12/09/2018	
Manganese (CSC 50 µg/l)	22	47	54	37	
AV-PE-SO-09					
	24/11/2017	05/02/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018
Ferro (CSC 200 µg/l)	< 20	365	185	752	653
Manganese (CSC 50 µg/l)	5	115	116	157	199
Nichel (CSC 20 µg/l)	3	29	2	2	2
AV-PE-SO-57					
	19/04/2018	20/06/2018	13/09/2018	17/01/2019	
Arsenico (CSC 10 µg/l)	13	7	6	5,6	
Ferro (CSC 200 µg/l)	2254	1003	1057	24	
Manganese (CSC 50 µg/l)	262	192	198	124	

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si sintetizzano i superamenti riscontrati.

3.2.AV-PE-SO-06 (n.d.), AV-PE-SO-07 (n.d.), AV-PE-SO-08 (n.d.) e AV-PE-SO-40 (n.d.)

3.2.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai tre punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I quattro piezometri in esame sono ubicati nel comune di Peschiera del Garda (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-7 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri				
Codice stazione	AV-PE-SO-06	AV-PE-SO-07	AV-PE-SO-08	AV-PE-SO-40
Posizione	Sud	Sud	Sud	Nord
WBS di progetto	-	-	-	-
pK	132+350	133+050	132+900	132+400
Provincia	Verona	Verona	Verona	Verona
Comune	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda
Località	-	-	-	-
Aree protette	-	-	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 630955.39	E: 631457.81	E: 631460.89	E: 631024.91
	N: 5031933.47	N: 5031479.97	N: 5031787.06	N: 5032262.39



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati

lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i tre piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-5** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO).

Tabella 3-5 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam						
Piezometro	Udm	Data rilievo				
		23/11/2017	05/02/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018
AV-PE-SO-06	m s.l.m.	77,97	78,01	asciutto	78,18	78,24
		23/11/2017	05/02/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018
AV-PE-SO-07	m s.l.m.	83,51	83,53	-	83,72	83,74
		23/11/2017	05/02/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018
AV-PE-SO-08	m s.l.m.	80,12	80,76	-	81,39	80,58
		23/11/2017	05/02/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018
AV-PE-SO-40	m s.l.m.	-	asciutto	80,17	80,31	78,53

Anche in tal caso non si sono riportate le variazioni dei livelli di quota di falda confrontando coppia a coppia poichè i dati non sono confrontabili, dato che i quattro piezometri sono ubicati in una zona idrogeologicamente molto complessa. Di conseguenza non è stato possibile chiarire il rapporto M/V tra essi.

3.2.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-8– Figura 3-9– Figura 3-10 e Figura 3-11**) e di Piper (**Figura 3-12**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-6**.

Tabella 3-6 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-PE-SO-06	23/11/2017	98,8	24,1	18,4	6	23	424	1
n.d.	AV-PE-SO-06	05/02/2018	116	29,8	14,3	6	28	522	1
n.d.	AV-PE-SO-06	21/06/2018	108,2	27,6	12,4	7	27	478	1
n.d.	AV-PE-SO-06	13/09/2018	93,5	23,4	12,1	7	24	441	1
n.d.	AV-PE-SO-07	23/11/2017	104,9	35,8	16,8	13	90	390	10
n.d.	AV-PE-SO-07	05/02/2018	125	44,3	12,6	17	115	437	16
n.d.	AV-PE-SO-07	21/06/2018	114,7	39,6	12,7	16	107	445	12
n.d.	AV-PE-SO-07	13/09/2018	113,2	37,8	11,9	17	110	450	12
n.d.	AV-PE-SO-08	23/11/2017	131	23,8	21,4	40	34	449	19
n.d.	AV-PE-SO-08	05/02/2018	129	25,4	23,6	51	34	449	19
n.d.	AV-PE-SO-08	21/06/2018	119,5	29,4	18,3	31	35	451	26
n.d.	AV-PE-SO-08	13/09/2018	113	22,4	22	32	37	436	28
n.d.	AV-PE-SO-40	19/04/2018	107,3	19,7	7,3	10	46	383	20
n.d.	AV-PE-SO-40	20/06/2018	106,5	21,4	9,4	12	47	387	24
n.d.	AV-PE-SO-40	12/09/2018	85,6	22,5	7,8	14	59	377	30
n.d.	AV-PE-SO-40	03/12/2018	107	22	8,5	12	49	395	21

Figura 3-8 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-06

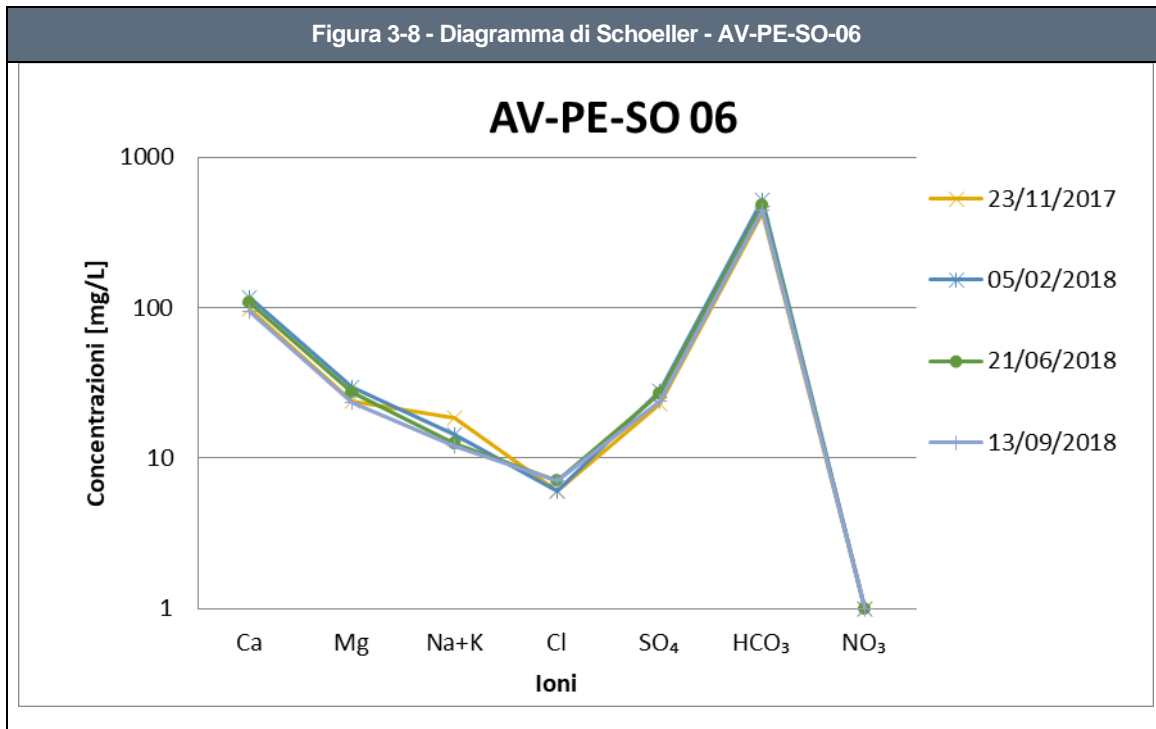


Figura 3-9 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-07

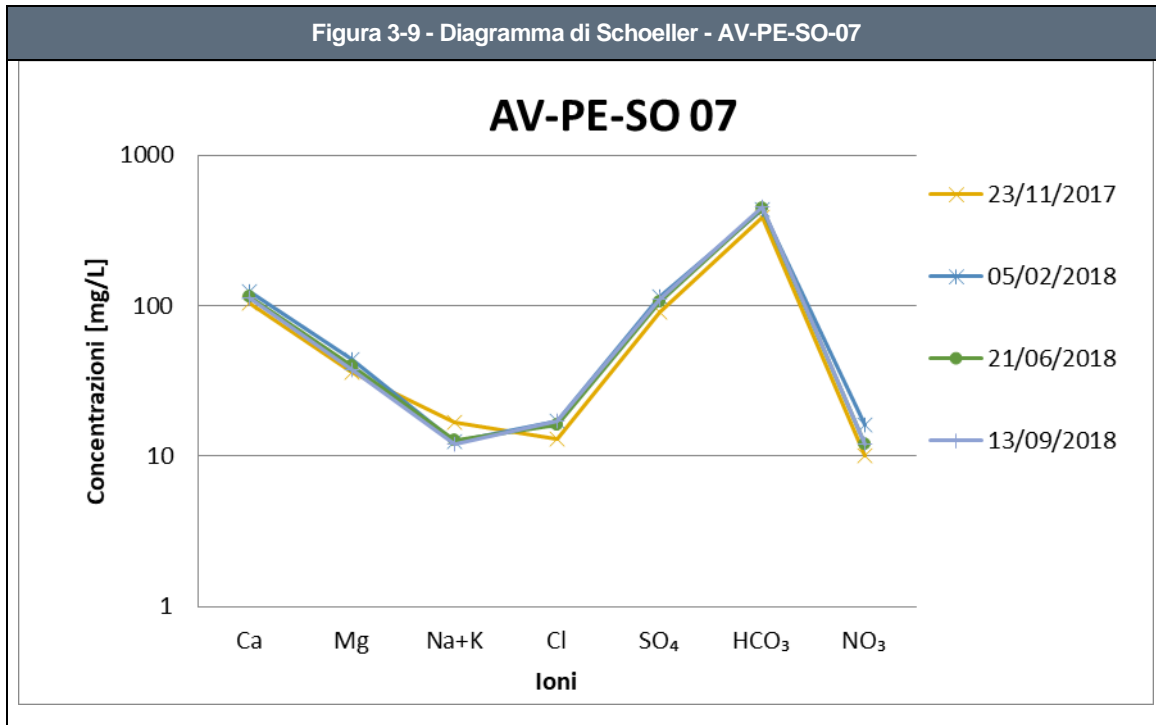


Figura 3-10 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-08

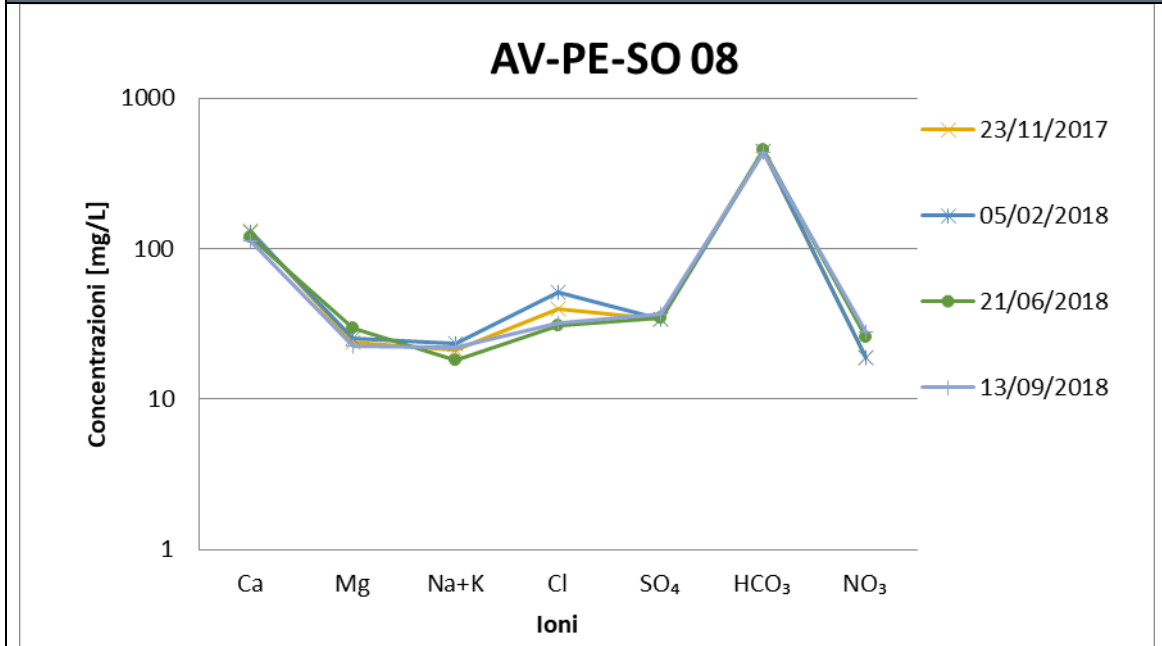
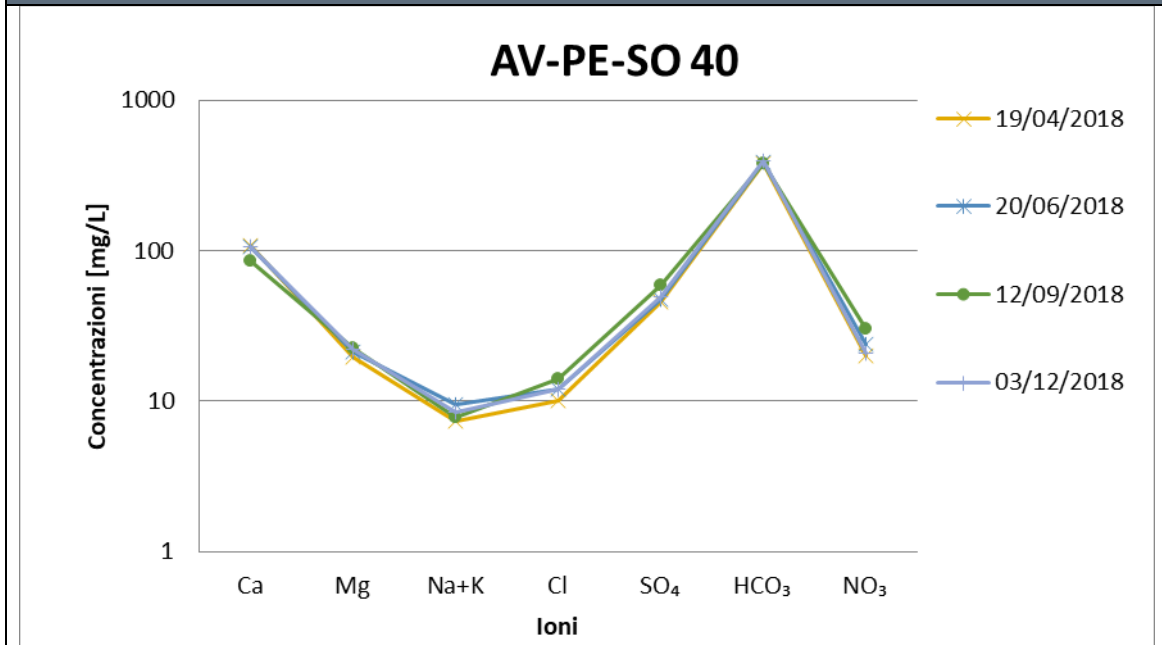


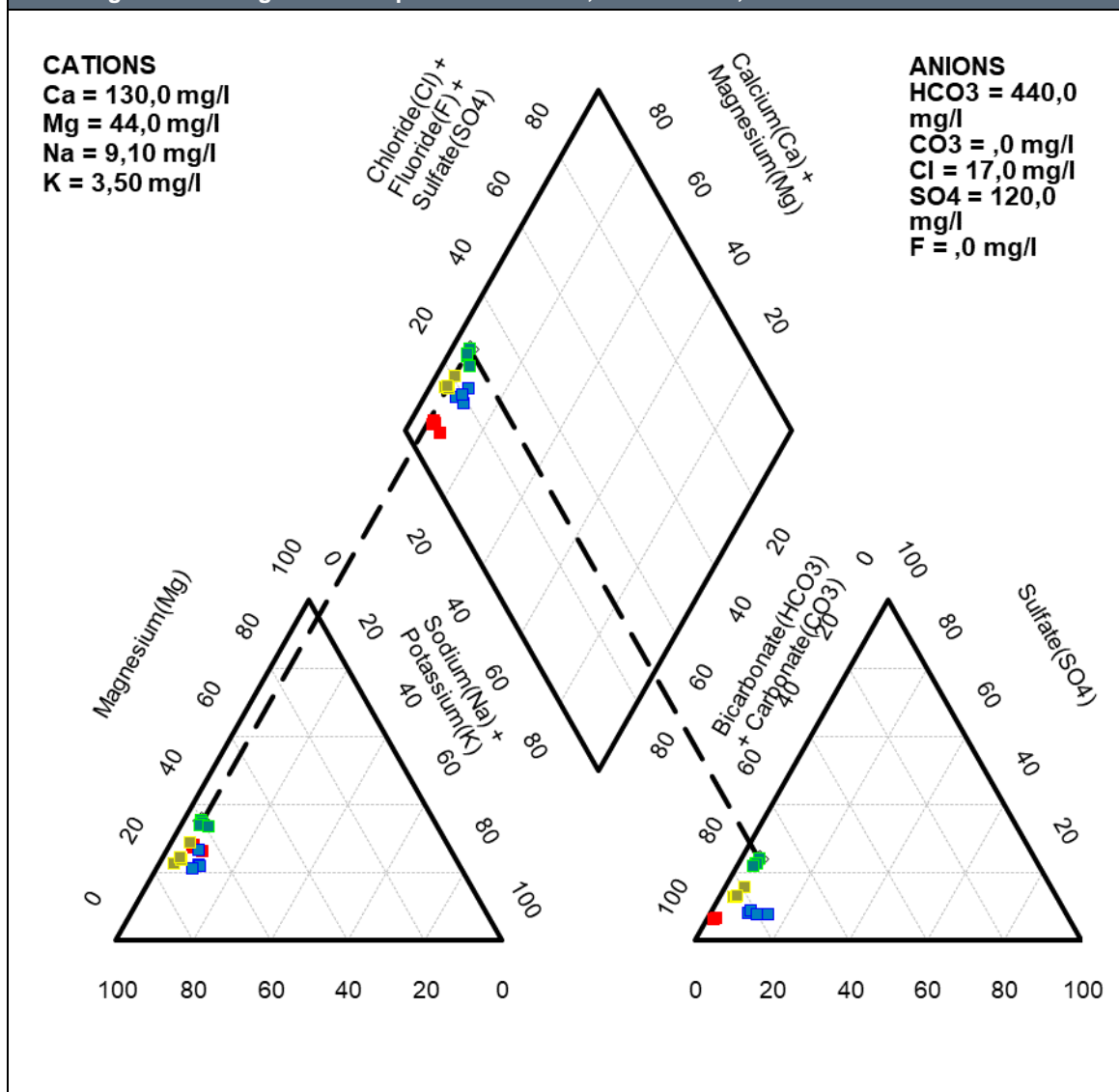
Figura 3-11 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-40



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per entrambe le stazioni, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili. Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire nel quale in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri del piezometro AV-PE-SO-06, in verde quelle del piezometro AV-PE-SO-07, in blu quelle del piezometro AV-PE-SO-08 e in giallo quelle del piezometro AV-PE-SO-40.

Come si può notare, tutti i punti si collocano nella porzione di sinistra del rombo, la quale indica una facies "bicarbonato calcica" per tutti e quattro i piezometri considerati. Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile indicare in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-12 - Diagramma di Piper - AV-PE-SO-06, AV-PE-SO-07, AV-PE-SO-08 e AV-PE-SO-40



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-7** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono alcune variazioni tra i parametri dei piezometri considerati, come per il Potenziale Redox e l'Ossigeno Disciolto.

Tabella 3-7 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam				
	AV-PE-SO-06			
Data prelievo	23/11/2017	05/02/2018	21/06/2018	13/09/2018
Temperatura (°C)	16,7	16,4	15,6	16,9

Tabella 3-7 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

AV-PE-SO-06				
Data prelievo	23/11/2017	05/02/2018	21/06/2018	13/09/2018
pH (unità pH)	7,2	6,8	6,9	7
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	611	722	695	646
Potenziale Redox (mV)	-159	-75	-71	69
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	0,1	0,08	0,2	0,08
AV-PE-SO-07				
Data prelievo	23/11/2017	05/02/2018	21/06/2018	13/09/2018
Temperatura (°C)	15,2	15,5	15,2	15,1
pH (unità pH)	7,3	6,9	7	7,1
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	718	826	816	806
Potenziale Redox (mV)	-179	13	9	80
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	2	0,59	0,5	0,4
AV-PE-SO-08				
Data prelievo	23/11/2017	05/02/2018	21/06/2018	13/09/2018
Temperatura (°C)	15	15,4	15,3	14,9
pH (unità pH)	7	6,8	6,8	7
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	770	797	783	759
Potenziale Redox (mV)	176	105	72	85
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	1,87	2,75	2,9	1,77
AV-PE-SO-40				
Data prelievo	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	03/12/2018
Temperatura (°C)	17	16,4	19,7	
pH (unità pH)	7	7	7,1	7,33
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	657	665	691	671
Potenziale Redox (mV)	83	79	76	207
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	5,21	4,05	2,99	6,1

3.2.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-PE-SO-06, AV-PE-SO-07, AV-PE-SO-08 e AV-PE-SO-40, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tali piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei parametri Manganese e Ferro che hanno mostrato superamenti per tutte le sessioni di monitoraggio presso il AV-PE-SO-06.

Nella seguente Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. si riporta una sintesi delle concentrazioni nelle n.4 sessioni di monitoraggio realizzate, evidenziando i superamenti registrati (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-8 - Risultati monitoraggi parametri				
AV-PE-SO-06				
	23/11/2017	05/02/2018	21/06/2018	13/09/2018
Ferro (CSC 200 µg/l)	1119	1430	1895	1321
Manganese (CSC 50 µg/l)	83	99	104	82

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si sintetizzano i superamenti riscontrati.

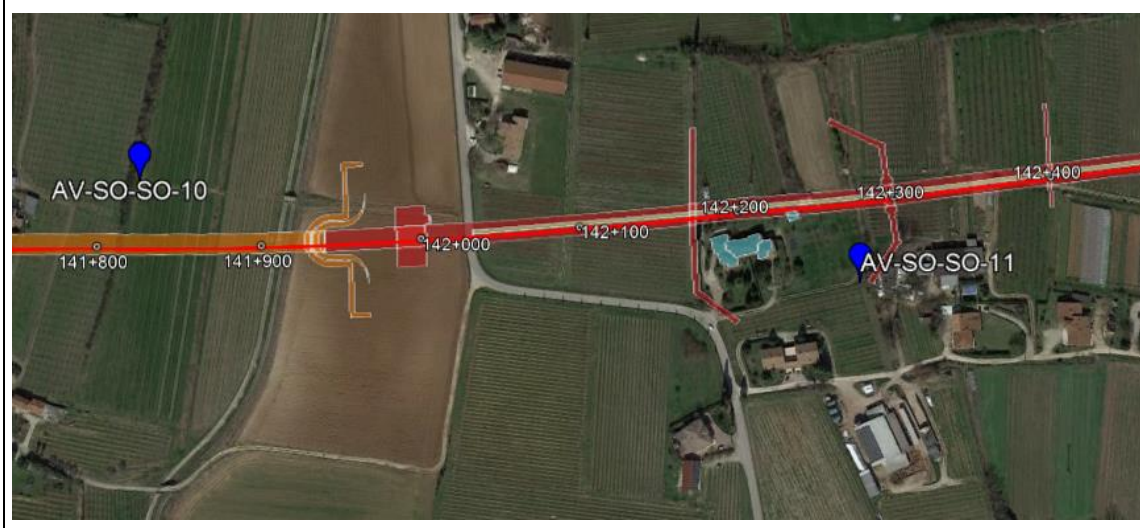
3.3.AV-SO-SO-10 (n.d.) e AV-SO-SO-11 (n.d.)

3.3.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I piezometri AV-SO-SO-11 e AV-SO-SO-10 sono ubicati nel comune di Sona (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-13 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-SO-SO-10	AV-SO-SO-11
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	141+850	142+300
Provincia	Verona	Verona
Comune	Sona	Sona
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 640378.27	E: 640823.55
	N: 5031219.11	N: 5031123.81



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie).

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Nell'area comunale di Sona e Sommacampagna, la falda sospesa identificata tende ad assumere una direzione di flusso più o meno costante in direzione ONO-ESE, non dissimile da quella della falda principale presente in questa zona.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-9** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da novembre 2017 a settembre 2018.

Tabella 3-9 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		24/11/2017	02/02/2018	19/06/2018	10/09/2018
AV-SO-SO-11 (ip:M)	m s.l.m.	115,62	115,74	116,85	117,19
AV-SO-SO-10 (ip:V)	m s.l.m.	115,38	114,51	113,95	116,85
Variazione (M-V)	m	0,24	1,23	2,9	0,34

Dai monitoraggi effettuati è ipotizzabile che il piezometro AV-SO-SO-11 sia il punto di monte e AV-SO-SO-10 sia il punto di valle. Dallo studio idrogeologico emerge però che per tali due stazioni non è definibile il rapporto M/V poiché sono ubicate sulla medesima linea isopiezometrica.

3.3.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-15– Figura 3-14**) e di Piper (**Figura 3-16**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-10**.

Tabella 3-10 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-SO-SO-10 e AV-SO-SO-11									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-SO-SO-10	24/11/2017	113,9	27,2	6,8	14	75	392	24
n.d.	AV-SO-SO-11	24/11/2017	114,2	16,1	13,3	12	56	403	0,8
n.d.	AV-SO-SO-10	02/02/2018	114	25,8	8	11	55	387	25
n.d.	AV-SO-SO-11	02/02/2018	134	19,9	16,3	17	53	444	3
n.d.	AV-SO-SO-10	19/06/2018	113,3	27,3	8,7	18	66	392	21
n.d.	AV-SO-SO-11	19/06/2018	109,1	15,7	12,6	18	57	405	5
n.d.	AV-SO-SO-10	10/09/2018	104,5	26,1	6,9	14	72	367	22
n.d.	AV-SO-SO-11	10/09/2018	105,7	15,5	15,4	10	56	378	0,8

Figura 3-14 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-10

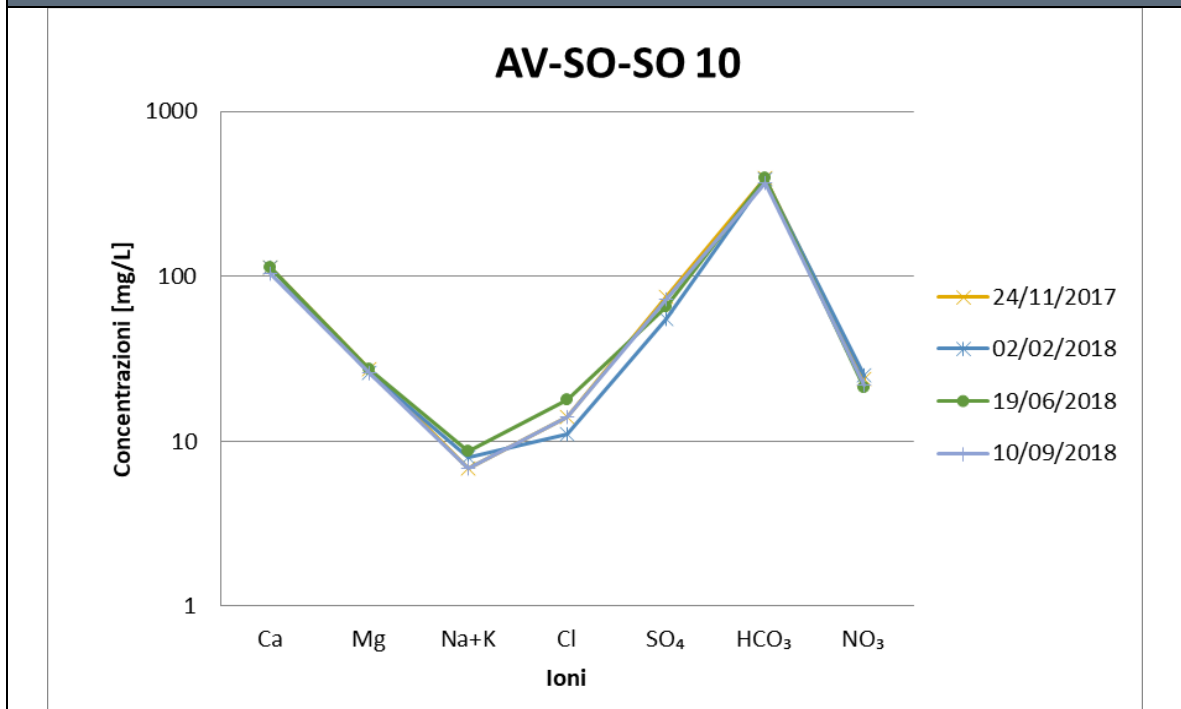
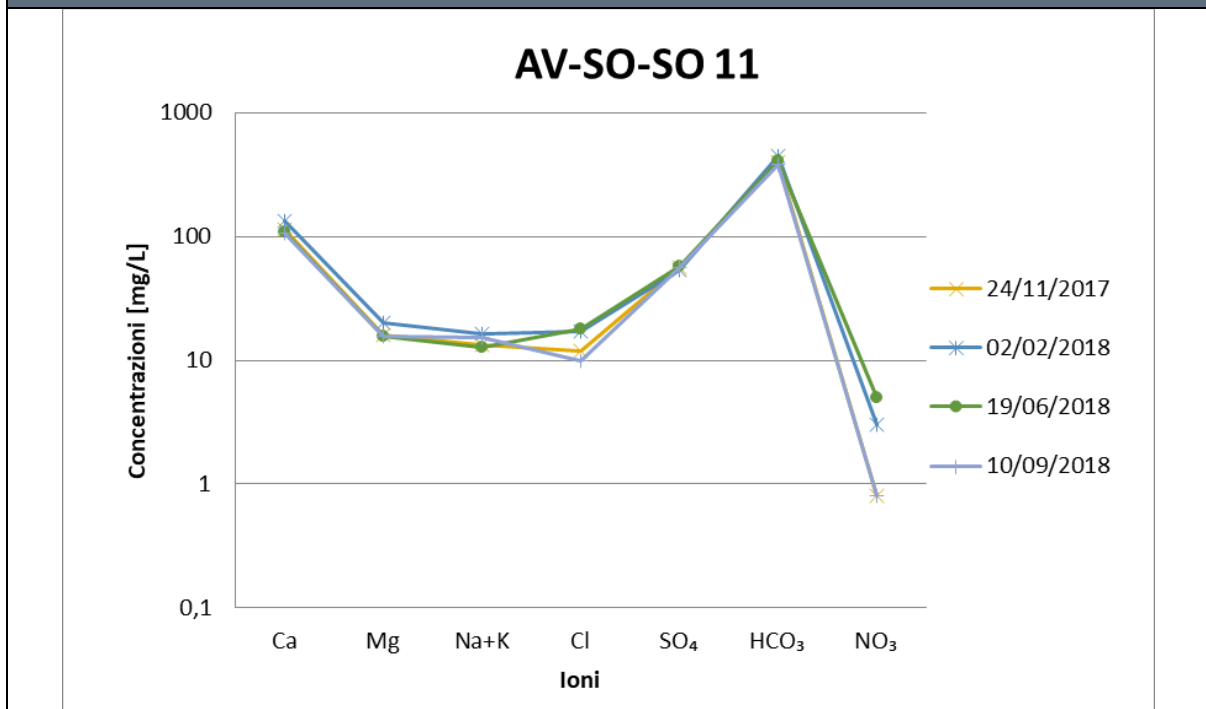


Figura 3-15 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-11



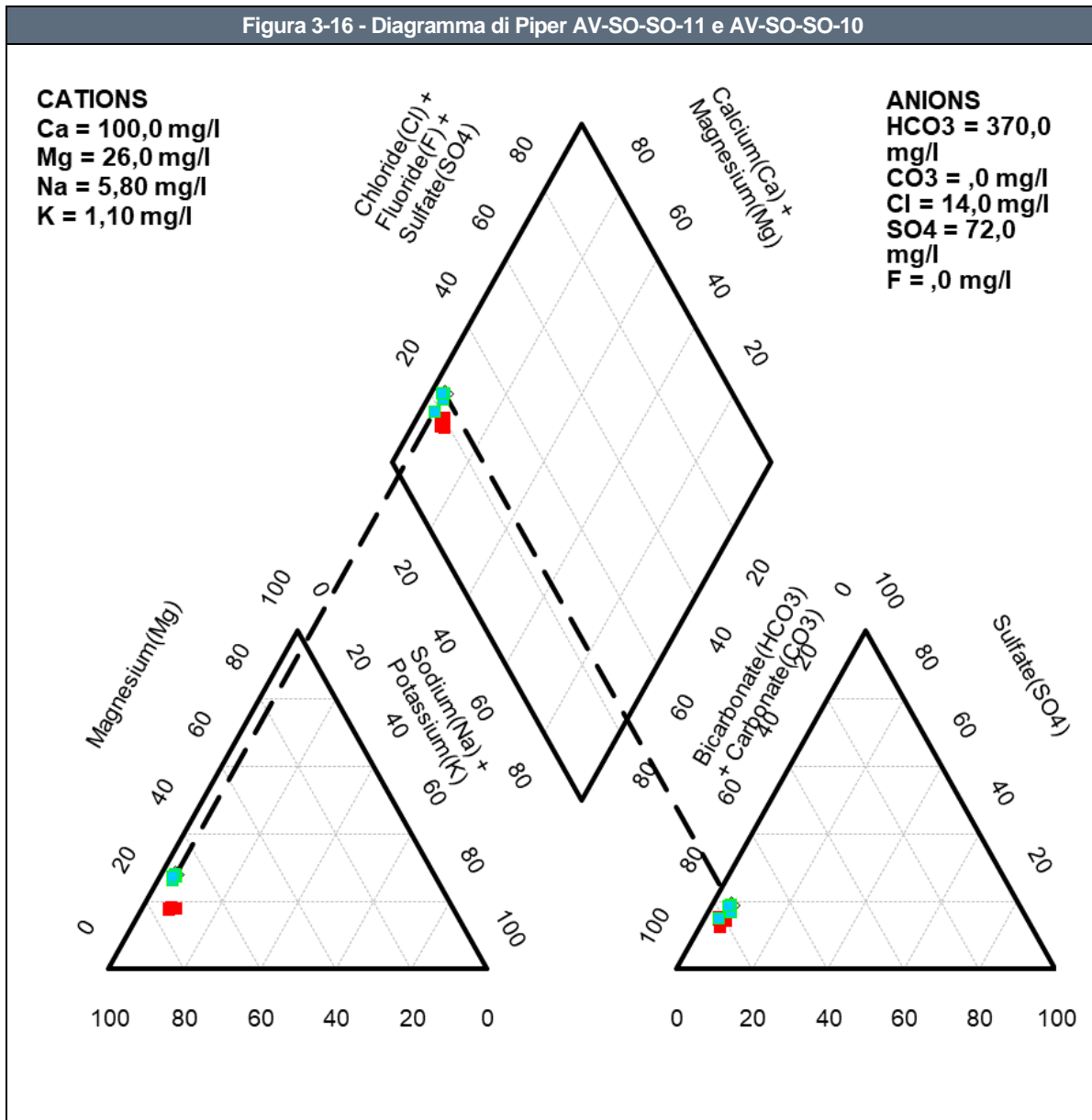
Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per entrambe le stazioni, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili, in particolare per gli ioni $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ e NO_3^- .

Dato che però le differenze tra le concentrazioni degli altri ioni considerati, presso le stazioni, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-SO-SO-11 (indicate in rosso) e di AV-SO-SO-10 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile indicare in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-16 - Diagramma di Piper AV-SO-SO-11 e AV-SO-SO-10



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-11** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam.

Come si può notare ci sono alcune variazioni tra i due piezometri, in particolare per il parametro Ossigeno Disciolto, a conferma della disomogeneità dell'acqua campionata.

Tabella 3-11 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-SO-SO-11				AV-SO-SO-10			
	24/11/2017	02/02/2018	19/06/2018	10/09/2018	24/11/2017	02/02/2018	19/06/2018	10/09/2018
Temperatura (°C)	16	14	13,3	16,3	14,8	15,2	16,6	15,4
pH (unità pH)	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1	7,1	6,8	6,5
Potenziale Redox (mV)	42	82	74	101	137	122	73	116
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	0,11	4,08	0,13	0,07	5,73	7,79	4,74	3,16
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	669	704	630	627	723	654	701	673

3.3.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-SO-SO-10 e AV-SO-SO-11, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

3.4. AV-SO-SO-12 (n.d.) e AV-SO-SO-13 (n.d.)

3.4.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. I piezometri AV-SO-SO-12 e AV-SO-SO-13 sono ubicati nel comune di Sona (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-17 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-SO-SO-12	AV-SO-SO-13
Posizione	Sud	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	142+550	143+100
Provincia	Verona	Verona
Comune	Sona	Sona
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 641045.18	E: 641501.68
	N: 5030478.81	N: 5030400.15



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Nell'area comunale di Sona e Sommacampagna, la falda sospesa identificata tende ad assumere una direzione di flusso più o meno costante in direzione ONO-ESE, non dissimile da quella della falda principale presente in questa zona.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-12** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da novembre 2017 a settembre 2018.

Tabella 3-12 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		01/12/2017	23/03/2018	18/06/2018	18/09/2018
AV-SO-SO-12 (ip:M)	m s.l.m.	110,76	106,28	109,51	112,44
AV-SO-SO-13 (ip:V)	m s.l.m.	101,67	100,45	100,24	102,25
Variazione (M-V)	m	9,09	5,83	9,27	10,19

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra i valori del livello della falda risultano coerenti e sostanziali, tali da poter ipotizzare che le due stazioni si riferiscano a differenti acquiferi e che non è significativo ipotizzare il rapporto M/V. Tali piezometri sono ubicati a notevole distanza ed entrambi a sud del tracciato di progetto.

3.4.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-18– Figura 3-19**) e di Piper (**Figura 3-20**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-13**.

Tabella 3-13 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam									
AV-SO-SO-12 e AV-SO-SO-13									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-SO-SO-12	01/12/2017	109,2	14,1	9,9	12	43	342	42
n.d.	AV-SO-SO-13	01/12/2017	92,4	28,8	12,4	15	63	363	10
n.d.	AV-SO-SO-12	23/03/2018	113,9	15,8	8,6	11	36	363	31
n.d.	AV-SO-SO-13	23/03/2018	96,5	30,7	9,9	16	67	365	16
n.d.	AV-SO-SO-12	18/06/2018	106,2	18,3	8,7	10	37	346	45
n.d.	AV-SO-SO-13	18/06/2018	96,9	39,3	9,7	17	75	369	13
n.d.	AV-SO-SO-12	18/09/2018	107,6	15,6	11,3	19	36	340	22
n.d.	AV-SO-SO-13	18/09/2018	91,7	31,8	10	13	69	360	3

Figura 3-18 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-12

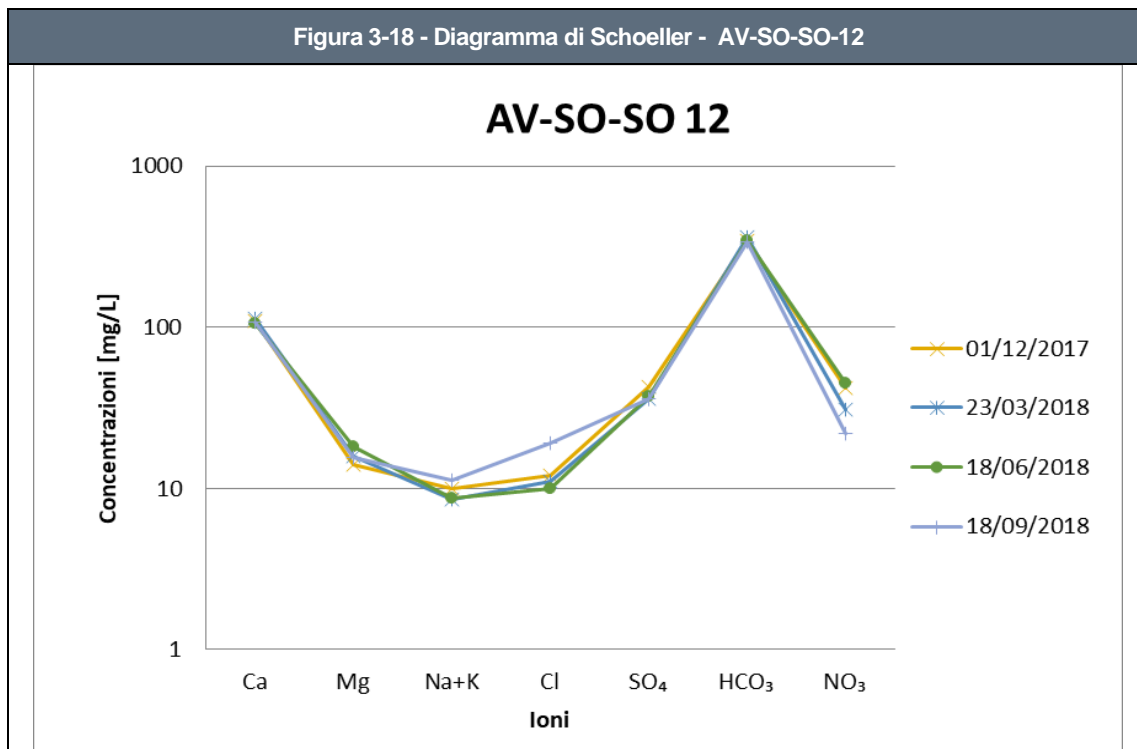
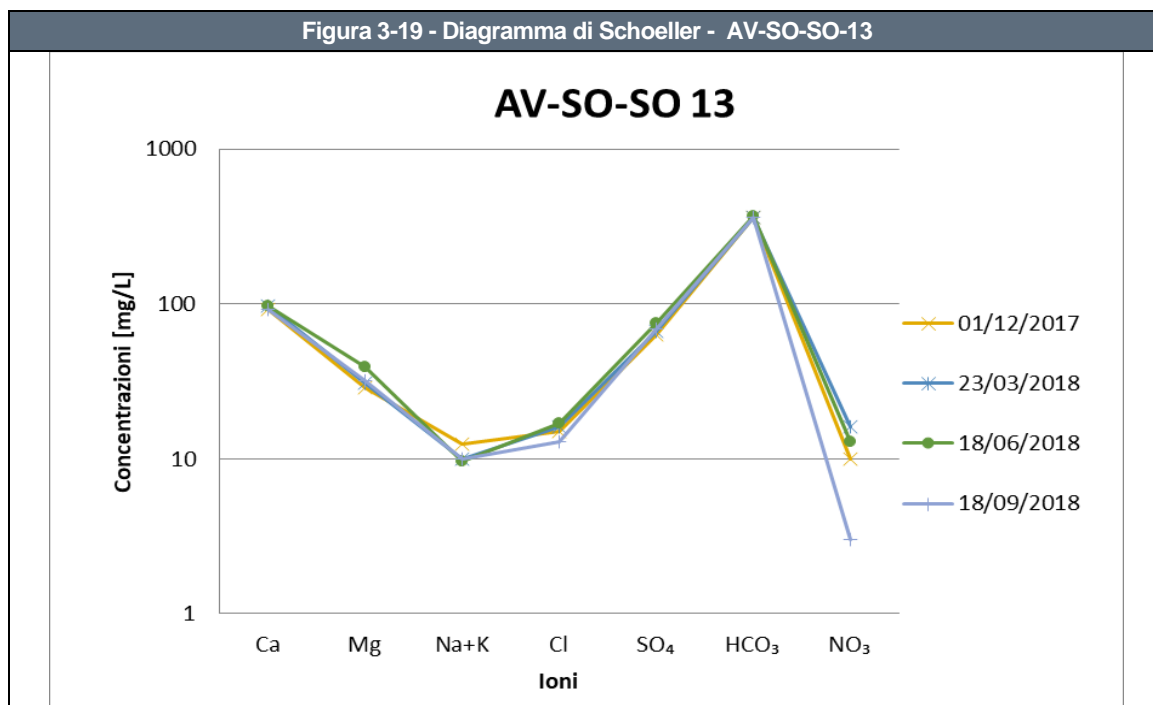


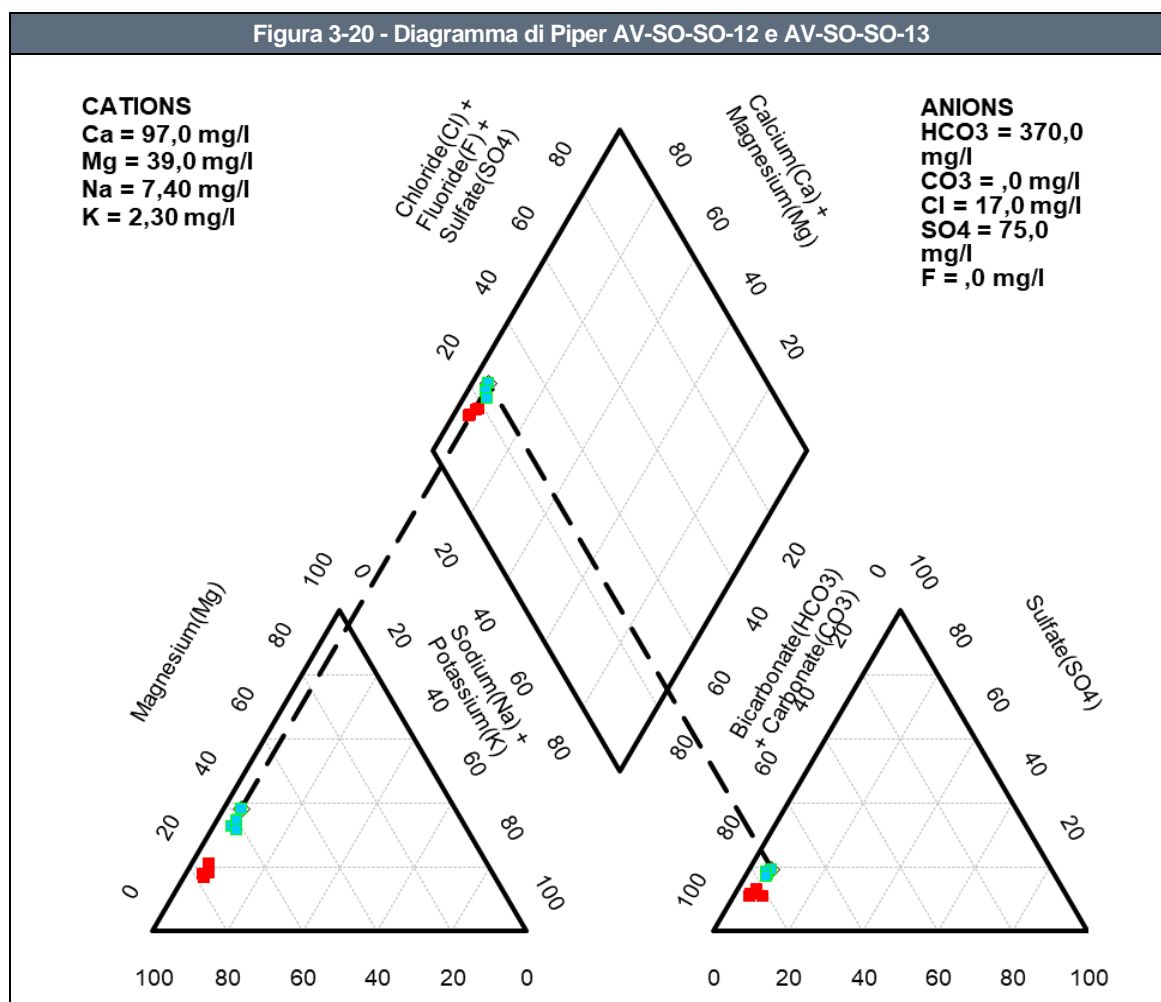
Figura 3-19 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-13



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni, si nota che essi

non sono totalmente sovrapponibili, in particolare per i parametri Mg^{2+} e NO_3^- . Date che le differenze tra le concentrazioni degli altri ioni considerati, presso i due punti di monitoraggio, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-SO-SO-12 (indicate in rosso) e di AV-SO-SO-13 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma. Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile indicare in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-14** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di

monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono alcune variazioni tra i piezometri, in particolare per i parametri Potenziale redox e Ossigeno Disciolto, a conferma delle conclusioni sopra esposte.

Tabella 3-14 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam								
Data prelievo	AV-SO-SO-12				AV-SO-SO-13			
	01/12/2017	23/03/2018	18/06/2018	18/09/2018	01/12/2017	23/03/2018	18/06/2018	18/09/2018
Temperatura (°C)	17,9	16,7	15,7	21,6	14,9	15,2	16,4	15,9
pH (unità pH)	7,0	7,1	6,9	7,1	7,3	7,1	7,1	7,1
Potenziale Redox (mV)	112	94	111	97	-51	63	51	24
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	6,75	6,04	6,18	5,62	0,82	3,36	0,97	0,34
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	542	619	618	624	547	657	681	626

3.4.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-SO-SO-12 e AV-SO-SO-13, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam. Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei parametri Ferro (un solo superamento nell'ultima sessione di monitoraggio) e Manganese (due superamenti nelle prima campagna di monitoraggio).

Nella seguente **Tabella 3-15** si riporta una sintesi delle concentrazioni di ferro e manganese nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-15 - Risultati monitoraggi parametri				
AV-SO-SO-13				
	01/12/2017	23/03/2018	18/06/2018	18/09/2018
Ferro (CSC 200 μg/l)	< 20	34	< 20	244
Manganese (CSC 50 μg/l)	111	55	13	26

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera. Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e la sintesi dei superamenti riscontrati.

3.5.AV-PE-SO-36_PROF (monte) e AV-PZ-SO-37_PROF (valle)

3.5.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Il piezometro AV-PE-SO-36_PROF è ubicato nel comune di Peschiera del Garda (VR) mentre AV-PZ-SO-37_PROF si trova nel territorio comunale di Pozzolengo (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-21 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-PE-SO-36_PROF	AV-PZ-SO-37_PROF
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	130+000	130+100
Provincia	Verona	Brescia
Comune	Peschiera del Garda	Pozzolengo
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 628678.41	E: 628675.60
	N: 5032338.01	N: 5032029.01



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie).

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-16** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile 2018 a dicembre 2018.

Tabella 3-16 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018
AV-PE-SO-36_PROF (M)	m s.l.m.	66,01	65,65	63,59	65,49
AV-PZ-SO-37_PROF (M)	m s.l.m.	56,45	54,85	53,29	56,8
Variazione (M-V)	m	9,56	10,8	10,3	8,69

Dai monitoraggi effettuati si nota che, sebbene la differenza tra i livelli piezometrici sia piuttosto significativa, vista la ricostruzione piezometrica fatta nell'ambito dello studio idrogeologico, si ritiene che i due piezometri in esame possano essere considerati come monte e valle idrogeologico. In particolare si indica il piezometro AV-PE-SO-36_PROF come punto di monte e AV-PE-SO-37_PROF come punto di valle.

3.5.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-22– Figura 3-23**) e di Piper (**Figura 3-24**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-17**.

Tabella 3-17 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam									
AV-PE-SO-36_PROF e AV-PZ-SO-37_PROF									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Monte	AV-PE-SO-36_PROF	24/04/2018	43	26,3	39,5	6	43	332	0,8
Valle	AV-PZ-SO-37_PROF	24/04/2018	39,1	36,5	36,7	5	34	353	0,8
Monte	AV-PE-SO-36_PROF	22/06/2018	37,2	31,2	46,8	7	43	330	0,8
Valle	AV-PZ-SO-37_PROF	22/06/2018	36,1	38,1	38,2	5	35	339	0,8
Monte	AV-PE-SO-36_PROF	19/09/2018	36,4	34,4	47,3	8	42	351	0,8
Valle	AV-PZ-SO-37_PROF	19/09/2018	40	36,2	39,1	5	38	363	0,8
Monte	AV-PE-SO-36_PROF	06/12/2018	31,9	30	45	7	43	329	0,8
Valle	AV-PZ-SO-37_PROF	06/12/2018	37,2	34	34,9	5	36	354	0,8

Figura 3-22 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-36_PROF

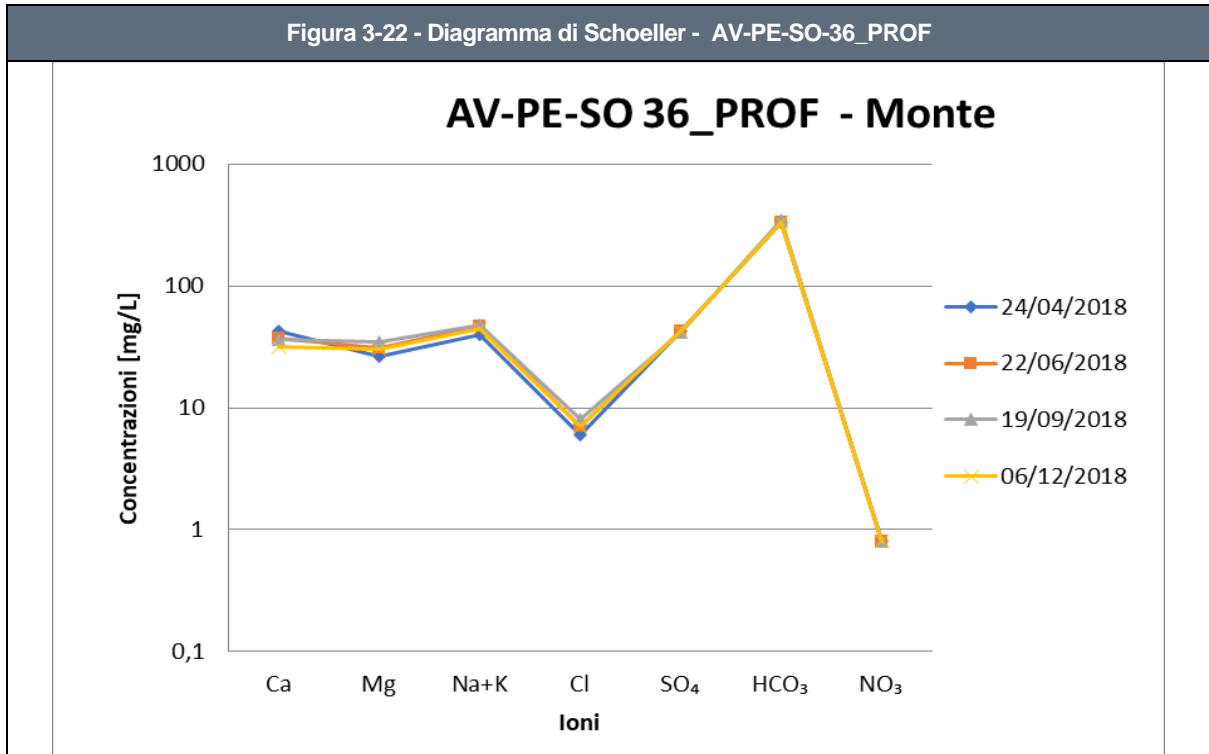
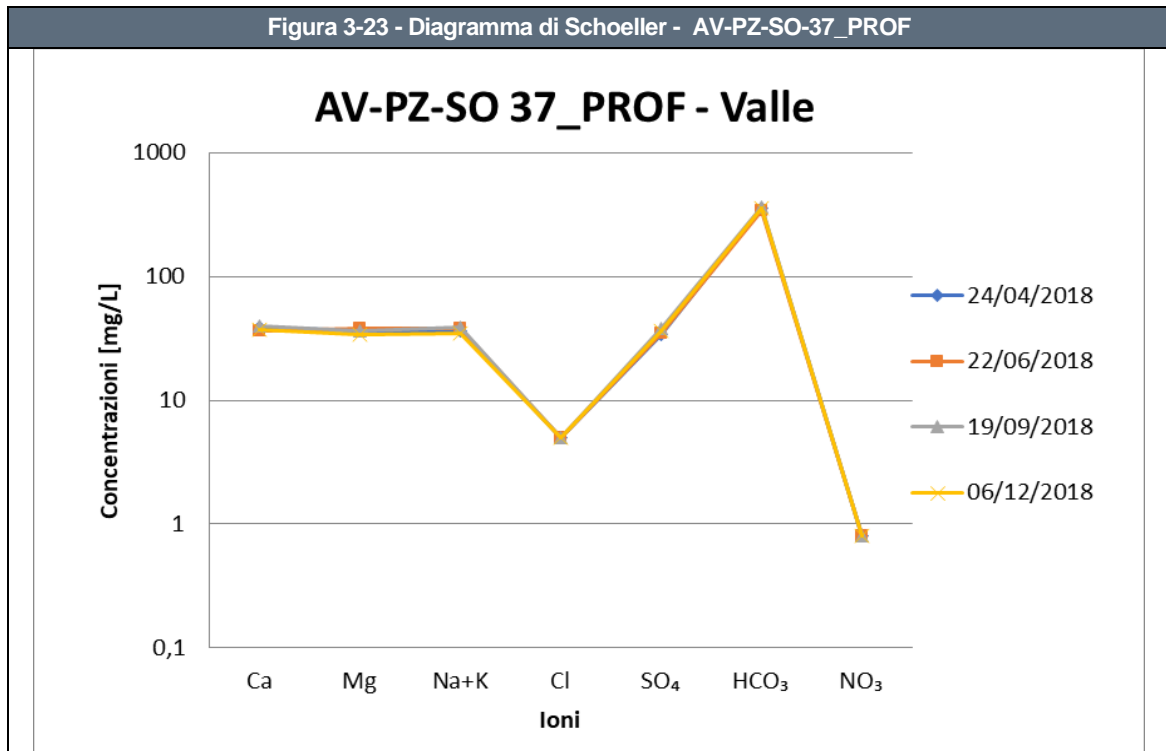
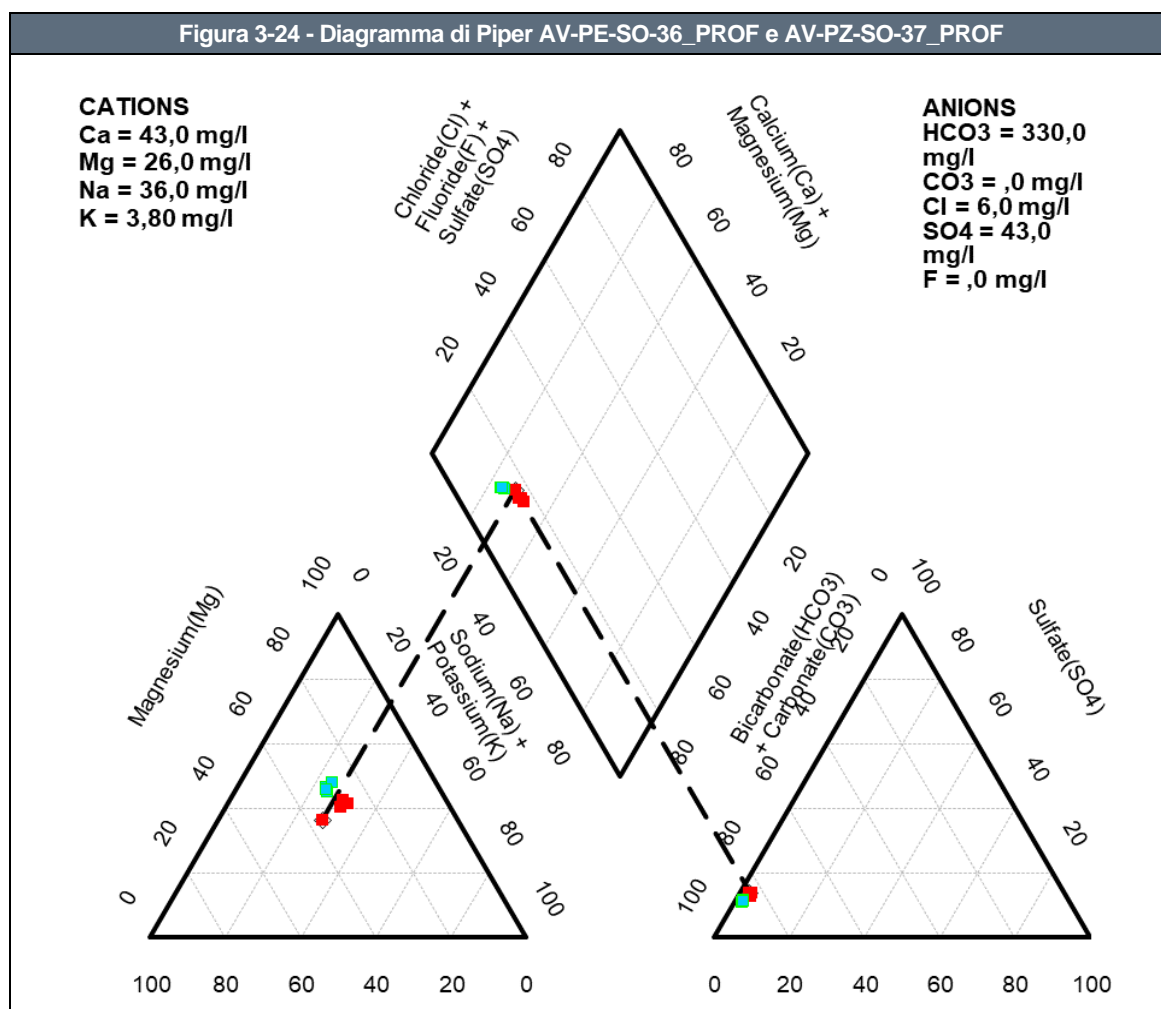


Figura 3-23 - Diagramma di Schoeller - AV-PZ-SO-37_PROF



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili, in riferimento soprattutto agli ioni Calcio e Magnesio.

Dato però che le differenze nelle concentrazioni degli ioni considerati sono all'interno dello stesso ordine di grandezza si potrebbe comunque ipotizzare che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica. Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di monte e in azzurro quelle di valle e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma. Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-18** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di

monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra il piezometro di monte e quello di valle.

Tabella 3-18 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-PE-SO-36_PROF Monte				AV-PZ-SO-37_PROF Valle			
	24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018	24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018
Temperatura (°C)	16,4	17,5	15,9	15,3	15,7	16,1	15,3	14,6
pH (unità pH)	7,5	7,6	7,3	7,6	7,4	7,5	7,4	7,4
Potenziale Redox (mV)	-84	-94	2	-81	-29	-26	-7	-37
Ossigeno disciolto (mg/l)	0,33	0,43	1,25	0,32	0,27	0,12	0,09	0,24
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	518	535	522	473	536	534	535	483

3.5.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-PE-SO-36_PROF (M) e AV-PE-SO-37_PROF (V), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam. Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei parametri Ferro e Manganese.

In particolare, in corrispondenza della stazione di monte AV-PE-SO-36_PROF sono stati riscontrati superamenti per il parametro Ferro in n.2 campagne di monitoraggio (con valori rispettivamente di 539 µg/l e 269 µg/l) e per il parametro Manganese solo nella prima campagna di aprile 2018; presso il punto di valle AV-PZ-SO-37_PROF, la concentrazione di Manganese è sempre risultata al di sopra dei limiti normativi. Nella seguente **Tabella 3-19** si riporta una sintesi delle concentrazioni di ferro e manganese nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-19 - Risultati monitoraggi parametri

AV-PE-SO-36_PROF				
	24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018
Ferro (CSC 200 µg/l)	539	109	269	178
Manganese (CSC 50 µg/l)	53	25	24	19
AV-PZ-SO-37_PROF				
	24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018
Manganese (CSC 50 µg/l)	72	65	70	60

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e si sintetizzano i superamenti riscontrati.

3.6.AV-PZ-SO-37_SUP (Monte) e AV-PE-SO-36_SUP (Valle)

3.6.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Il piezometro AV-PE-SO-36_SUP è ubicato nel comune di Peschiera del Garda (VR) mentre AV-PZ-SO-37_SUP si trova nel territorio comunale di Pozzolengo (BS); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-25 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-PE-SO-36_SUP	AV-PZ-SO-37_SUP
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	130+000	130+100
Provincia	Verona	Brescia
Comune	Peschiera del Garda	Pozzolengo
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 628678.41	E: 628675.60
	N: 5032338.01	N: 5032029.01



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie).

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-20** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile 2018 a dicembre 2018.

Tabella 3-20 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018
AV-PE-SO-37_SUP (M)	m s.l.m.	76,2	75,86	75,26	75,74
AV-PZ-SO-36_SUP (V)	m s.l.m.	asciutto	asciutto	asciutto	66,41
Variazione (M-V)	m	n.d.	n.d.	n.d.	9,33

Il piezometro AV-PE-SO-36 SUP è quasi sempre risultato asciutto; nella quarta campagna è stato possibile misurare il livello della falda ma non è stato possibile effettuare il campionamento dinamico in quanto i tempi ricarica non lo permettevano. Si ritiene tuttavia possibile indicare il piezometro AV-PE-SO-37 SUP come punto di monitoraggio di monte e AV-PE-SO-36 SUP

come punto di monitoraggio di valle, anche in base alle considerazioni idrogeologiche ma ciò è da confermare con ulteriori campagne e misure di soggiacenza.

3.6.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

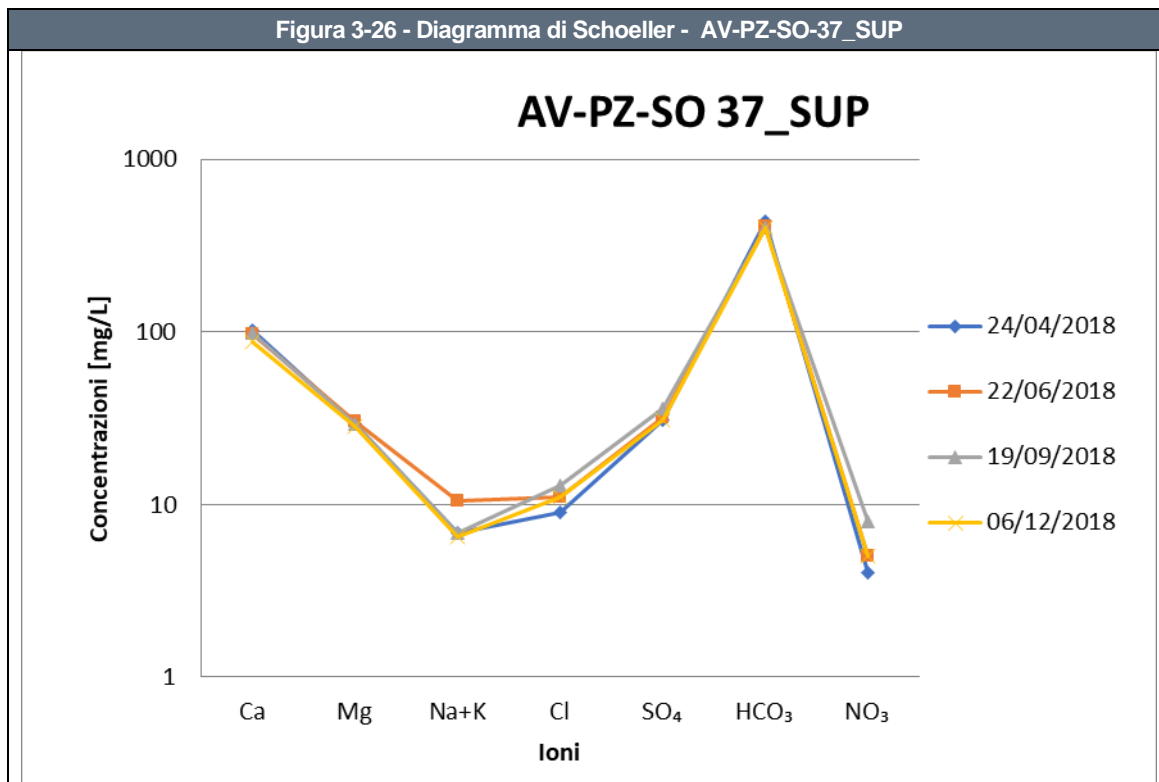
Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-26**) e di Piper (**Figura 3-27**), per il solo piezometro AV-PZ-SO-37_SUP ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-21**.

Tabella 3-21 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-PZ-SO-36_SUP e AV-PZ-SO-37_SUP									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Valle	AV-PE-SO-36_SUP	24/04/2018	-	-	-	-	-	-	-
Monte	AV-PZ-SO-37_SUP	24/04/2018	102,2	29,1	6,9	9	31	437	4
Valle	AV-PE-SO-36_SUP	22/06/2018	-	-	-	-	-	-	-
Monte	AV-PZ-SO-37_SUP	22/06/2018	97,4	30,5	10,5	11	32	409	5
Valle	AV-PE-SO-36_SUP	19/09/2018	-	-	-	-	-	-	-
Monte	AV-PZ-SO-37_SUP	19/09/2018	98,3	29,1	6,9	13	36	401	8
Valle	AV-PE-SO-36_SUP	06/12/2018	-	-	-	-	-	-	-
Monte	AV-PZ-SO-37_SUP	06/12/2018	87,8	28,4	6,5	11	31	402	5

Figura 3-26 - Diagramma di Schoeller - AV-PZ-SO-37_SUP



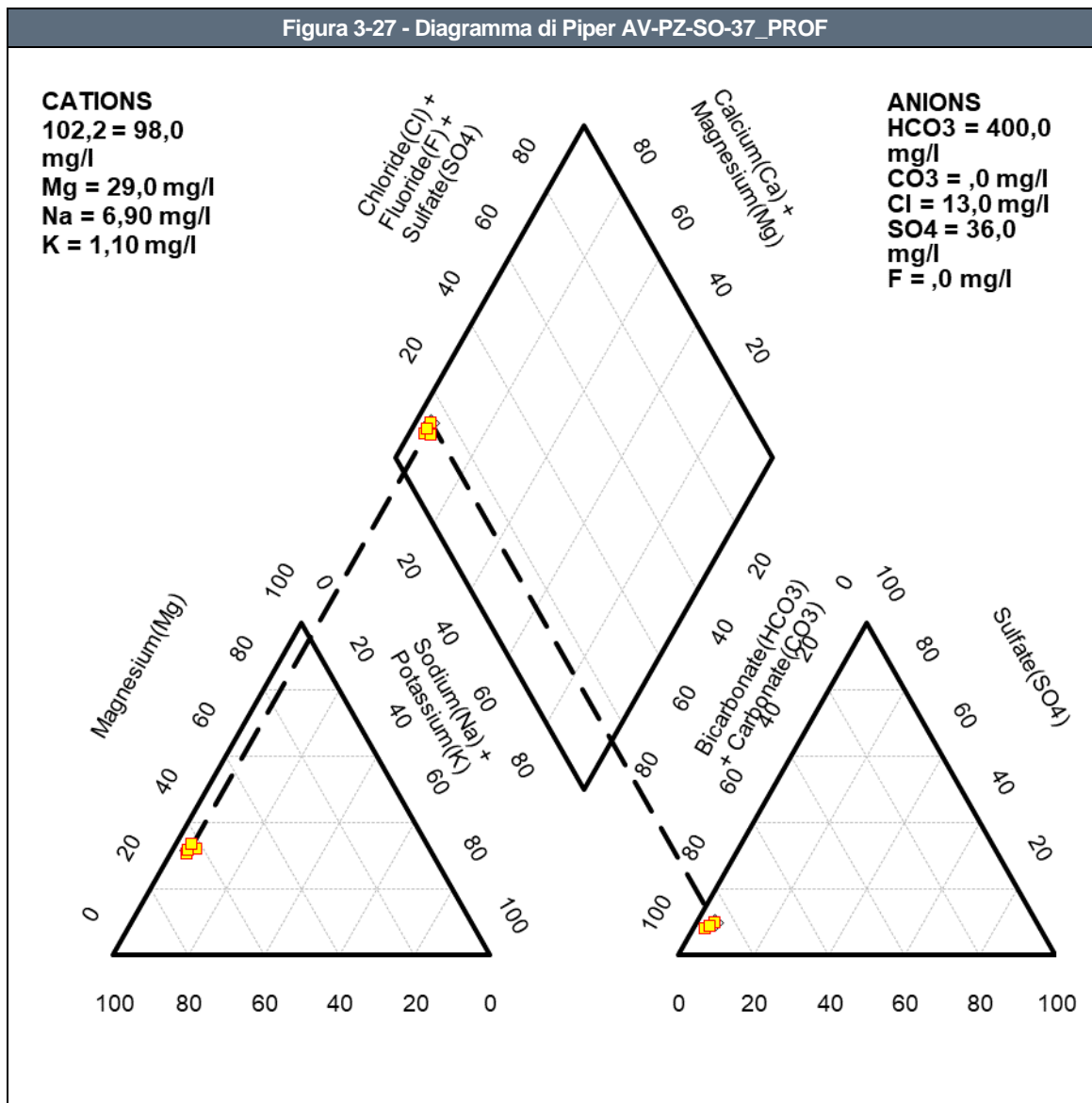
Considerando che il piezometro AV-PE-SO-36 SUP non è mai stato campionabile, non è stato possibile effettuare il confronto M/V tra le due stazioni in esame. .

Osservando il grafico sopra riportato relativo al AV-PZ-SO-37 SUP, si nota che nelle differenti sessioni di monitoraggio l'andamento delle spezzate è pressoché sovrapponibile e si può concludere che si tratti di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire relativo al solo AV-PZ-SO-37 SUP: in giallo sono riportate le concentrazioni dei parametri del piezometro di monte e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per AV-PZ-SO-37 SUP.

Figura 3-27 - Diagramma di Piper AV-PZ-SO-37_PROF



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-22** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso il solo AV-PZ-SO-37_SUP di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam.

Tabella 3-22 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam				
	AV-PZ-SO-37_SUP			
Data prelievo	24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018
Temperatura (°C)	13,5	16,1	18,4	16,6
pH (unità pH)	6,9	7,1	7	7,1

Tabella 3-22 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-PZ-SO-37_SUP			
	24/04/2018	22/06/2018	19/09/2018	06/12/2018
Potenziale Redox (mV)	76	71	81	57
Ossigeno disciolto (mg/l)	3,73	3,16	4,27	4,16
Conducibilità elettrica specifica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)	651	632	632	560

3.6.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-PE-SO-36_SUP () e AV-PE-SO-37_SUP (), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per il solo piezometro risultato campionabile AV-PE-SO-37_SUP, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

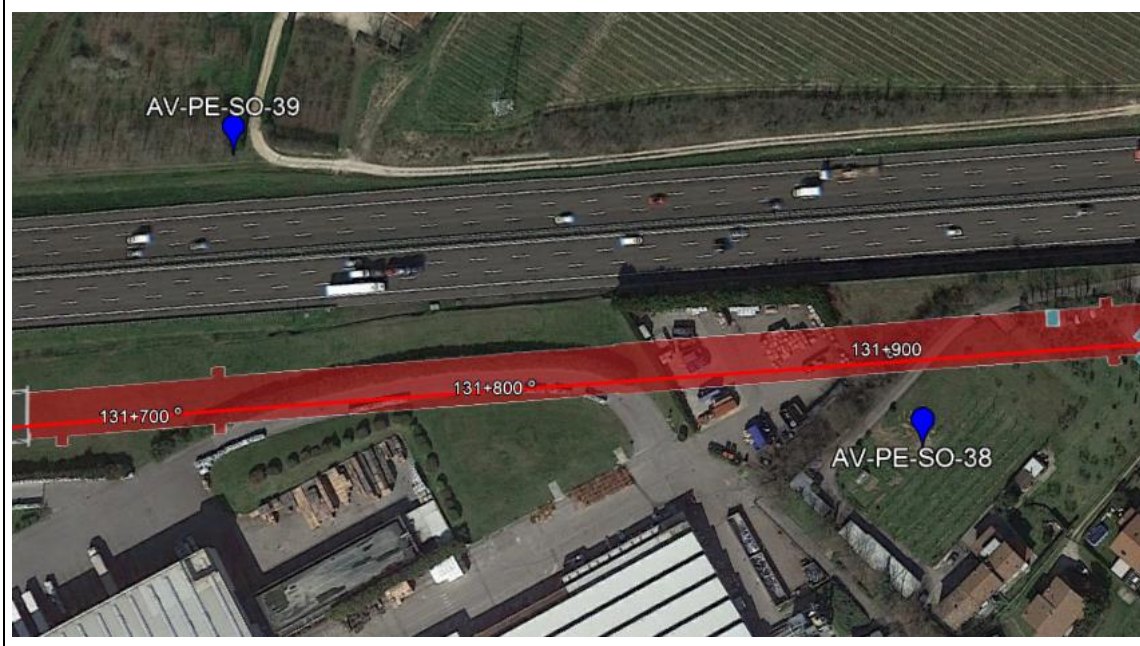
3.7.AV-PE-SO-38 (monte) e AV-PE-SO-39 (valle)

3.7.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel comune di Peschiera del Garda (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-28 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-PE-SO-38	AV-PE-SO-39
Posizione	Sud	Nord
WBS di progetto	-	-
pK	131+900	131+700
Provincia	Verona	Verona
Comune	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 630545.17	E: 630366.43
	N: 5032059.14	N: 5032171.65



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie).

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-23** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-23 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018	03/12/2018
AV-PE-SO-38 (M)	m s.l.m.	80,32	80,69	80,65	79,14
AV-PE-SO-39 (V)	m s.l.m.	76,5	76,33	76,3	75,8
Variazione (M-V)	m	3,82	4,36	4,35	3,34

Dai monitoraggi effettuati si nota che i valori del livello della falda risultano coerenti con la distinzione di monte/valle riportata nel PMA e nello studio idrogeologico della Sezione A, indicando quindi il piezometro AV-PE-SO-38 come punto di monte e AV-PE-SO-39 come punto di valle.

3.7.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-29 - Figura 3-30**) e di Piper (**Figura 3-31**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-24**.

Tabella 3-24 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-PE-SO-38 e AV-PE-SO-39									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Monte	AV-PE-SO-38	19/04/2018	82,9	26,4	9,5	10	58	348	16
Valle	AV-PE-SO-39	19/04/2018	105,1	19	116,4	213	17	348	22
Monte	AV-PE-SO-38	21/06/2018	77,7	35,1	13	14	73	374	1
Valle	AV-PE-SO-39	21/06/2018	114,3	28,7	93,9	175	21	387	20
Monte	AV-PE-SO-38	13/09/2018	78,9	35	12,7	15	88	375	0,8
Valle	AV-PE-SO-39	13/09/2018	116,5	25,9	86,6	183	24	407	20
Monte	AV-PE-SO-38	03/12/2018	88	32	12,1	12	64	372	14
Valle	AV-PE-SO-39	03/12/2018	115	24	74,6	144	24	420	19

Figura 3-29 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-38

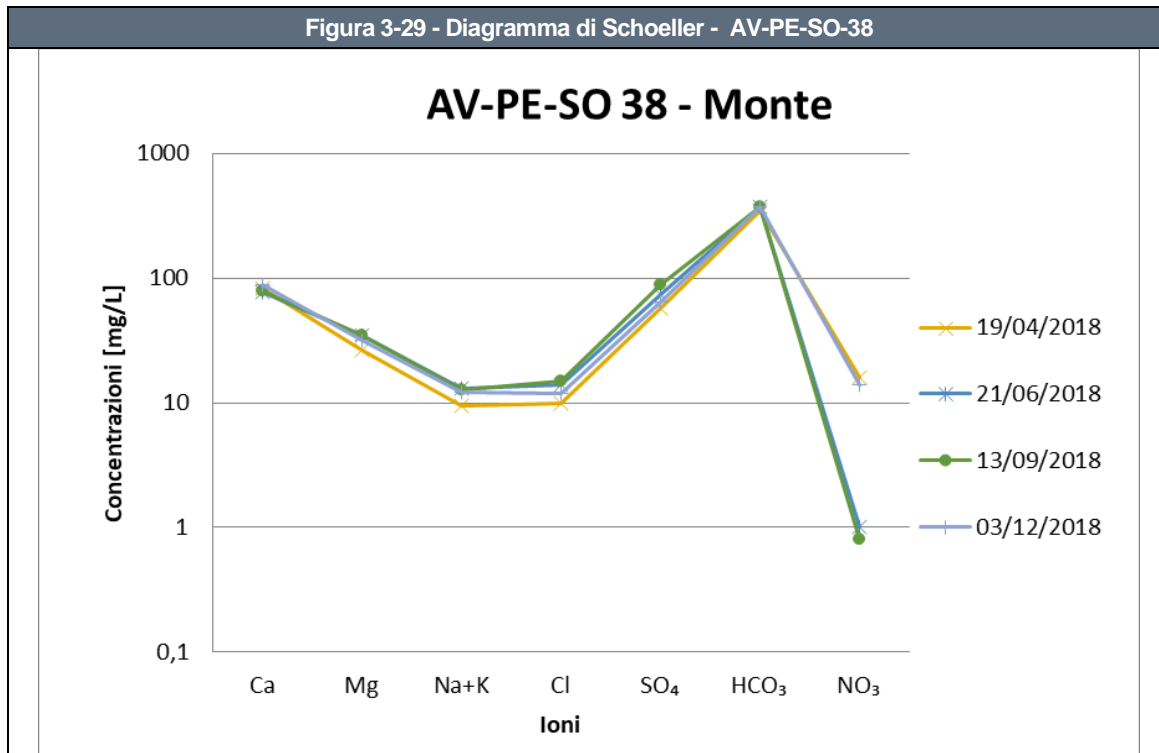
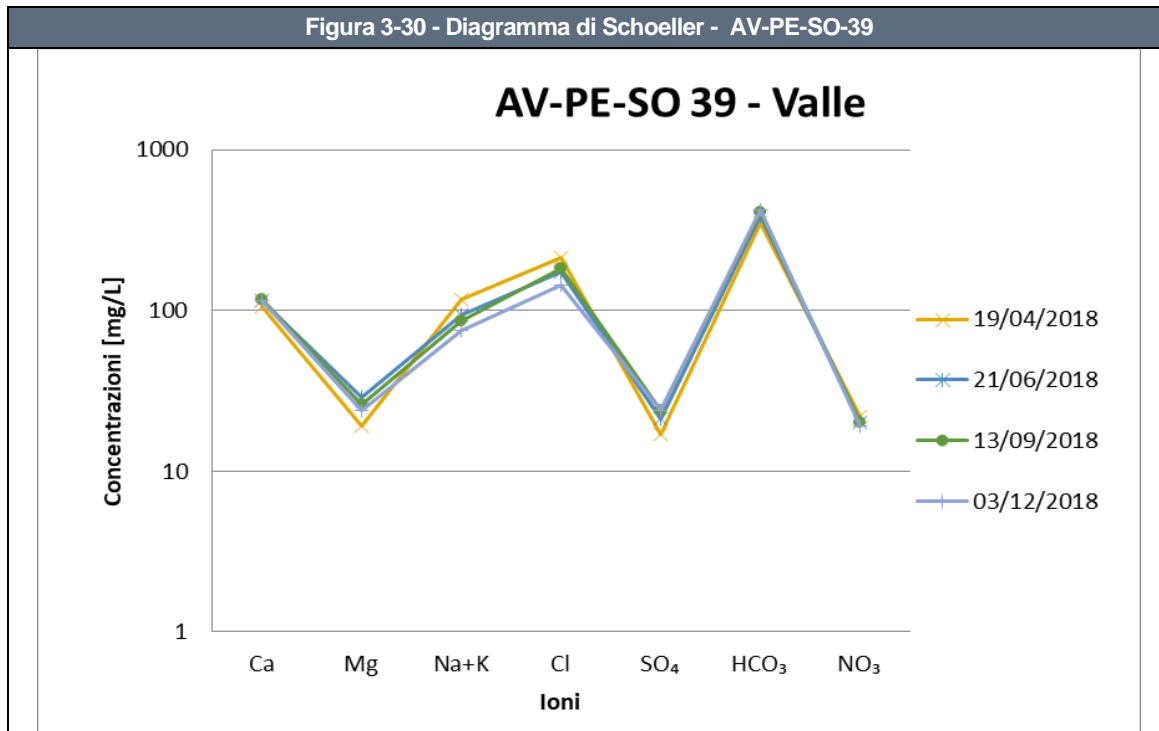


Figura 3-30 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-39



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono sovrapponibili.

La profondità di installazione e di fessurazione dei piezometri risulta essere di 25 m da p.c. (fessurato da 13 m a 25 m) per il AV-PE-SO-38 e di 18 m da p.c. (fessurato da 6 m a 18 m) per AV-PE-SO-39.

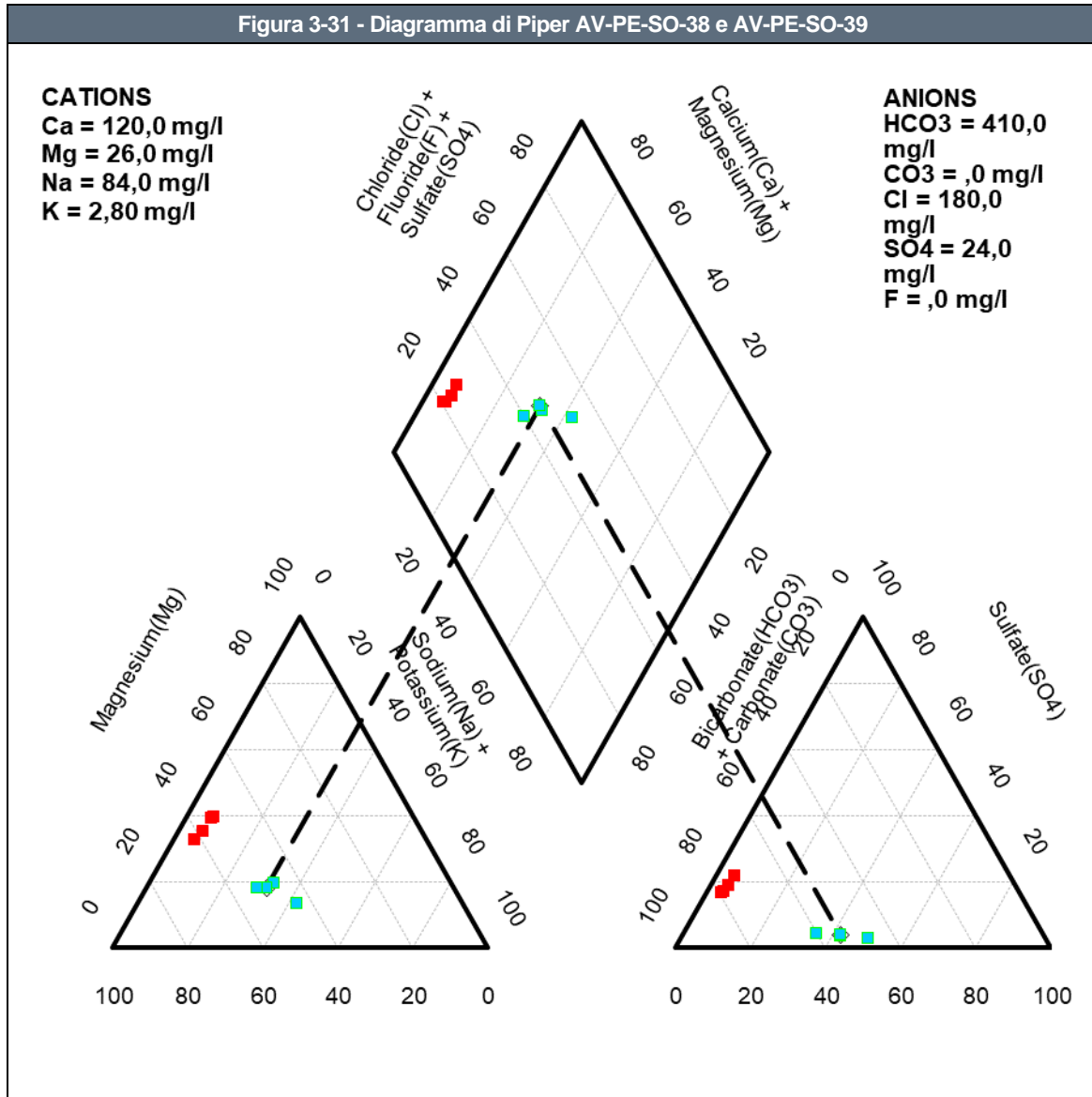
Gli orizzonti di terreno intercettati dai due punti di monitoraggio sono comparabili: in particolare il piezometro AV-PE-SO-38, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta uno strato di argilla, da deb. limosa a limosa fino a 14,4 m da p.c., sabbia fine e limo, localmente deb. argillosa, rara ghiaia fino a 16,4 m e infine sabbia e ghiaia, localmente da con limo a limosa, deb. argillosa, localmente argillosa fino a f.f.; il piezometro AV-PE-SO-39, fino a 6,7 m da p.c., intercetta argilla, da deb. limosa a limosa, deb. ghiaiosa e fino a f.f. intercetta uno strato di ghiaia e sabbia deb. limosa. Inoltre si ricorda la presenza della Falda Confinata Intramorenica con soggiacenza media varia fra -15 m da p.c. e -25 m da p.c..

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati, presso la stazione di monte e di valle, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di monte (indicate in rosso) e di valle (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nel triangolo in basso a sinistra e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma non è certo che essi si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-31 - Diagramma di Piper AV-PE-SO-38 e AV-PE-SO-39



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-25** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso le due stazioni di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam.

Come si può notare ci sono alcune variazioni tra il piezometro di monte e quello di valle, in particolare per i parametri Potenziale redox e Conducibilità elettrica specifica, confermando la disomogeneità delle acque campionate.

Tabella 3-25 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-PE-SO-38 - Monte				AV-PE-SO-39 - Valle			
	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018	03/12/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018	03/12/2018
Data prelievo	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018	03/12/2018	19/04/2018	21/06/2018	13/09/2018	03/12/2018
Temperatura (°C)	16,2	17	15,4	-	14,8	15,2	16,7	-
pH (unità pH)	7,1	7,1	7,2	7,41	7	7	7	7,4
Potenziale Redox (mV)	25	-2	74	168	90	75	85	173
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	1,16	0,27	0,15	5,7	3,93	2,23	1,73	5,6
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	611	654	670	660	1170	1094	1130	1032

3.7.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-PE-SO-38 (M) e AV-PE-SO-39 (V), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per entrambi i piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

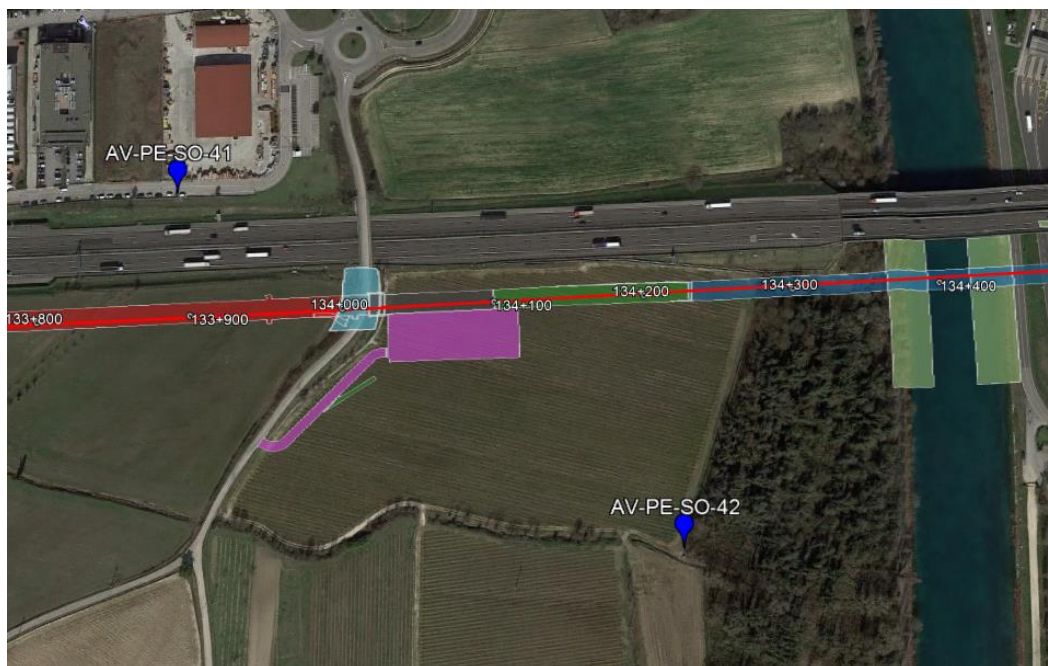
3.8.AV-PE-SO-41 (n.d.) e AV-PE-SO-42 (n.d.)

3.8.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel comune di Peschiera del Garda (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-32 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-PE-SO-41	AV-PE-SO-42
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	133+900	134+200
Provincia	Verona	Verona
Comune	Peschiera del Garda	Peschiera del Garda
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 632529.09	E: 632857.17
	N: 5032070.86	N: 5031831.38



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie).

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-26** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-26 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018
AV-PE-SO-41 (ip:M)	m s.l.m.	67,84	66,32	65,26	66,2
AV-PE-SO-42 (ip:V)	m s.l.m.	66,37	65,97	66,18	65,24
Variazione (M-V)	m	1,47	0,35	-0,92	0,96

Dai monitoraggi effettuati si nota che la variazione del livello della falda non risulta essere coerente nelle diverse campagne di monitoraggio, poiché nella terza campagna il rapporto M/V pare invertito rispetto alla distinzione stazione di monte/valle riportata nel PMA, ovvero indicare il piezometro AV-PE-SO-41 di monte e AV-PE-SO-42 di valle. Di conseguenza risulta difficile

definire con certezza il rapporto M/V tra le due stazioni considerate, anche perché il gradiente risulta limitato. Ciò è confermato anche dallo studio idrogeologico.

3.8.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-33- Figura 3-34**) e di Piper (**Figura 3-35**), per i piezometri in esame, ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-27**.

Tabella 3-27 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam									
AV-PE-SO-41 e AV-PE-SO-42									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-PE-SO-41	19/04/2018	39,1	45,4	31,4	17	23	376	1
n.d.	AV-PE-SO-42	19/04/2018	84	31,6	28,4	23	33	425	2
n.d.	AV-PE-SO-41	20/06/2018	33,3	43,1	31,2	17	21	380	1
n.d.	AV-PE-SO-42	20/06/2018	84,5	31,6	28,3	28	29	462	2
n.d.	AV-PE-SO-41	12/09/2018	36,5	42,6	31,8	14	24	378	2
n.d.	AV-PE-SO-42	12/09/2018	95,6	23,3	24	35	34	418	0,8
n.d.	AV-PE-SO-41	04/12/2018	133	31	25,2	34	36	618	0,4
n.d.	AV-PE-SO-42	04/12/2018	151	36	28,5	35	36	632	0,4

Figura 3-33 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-41

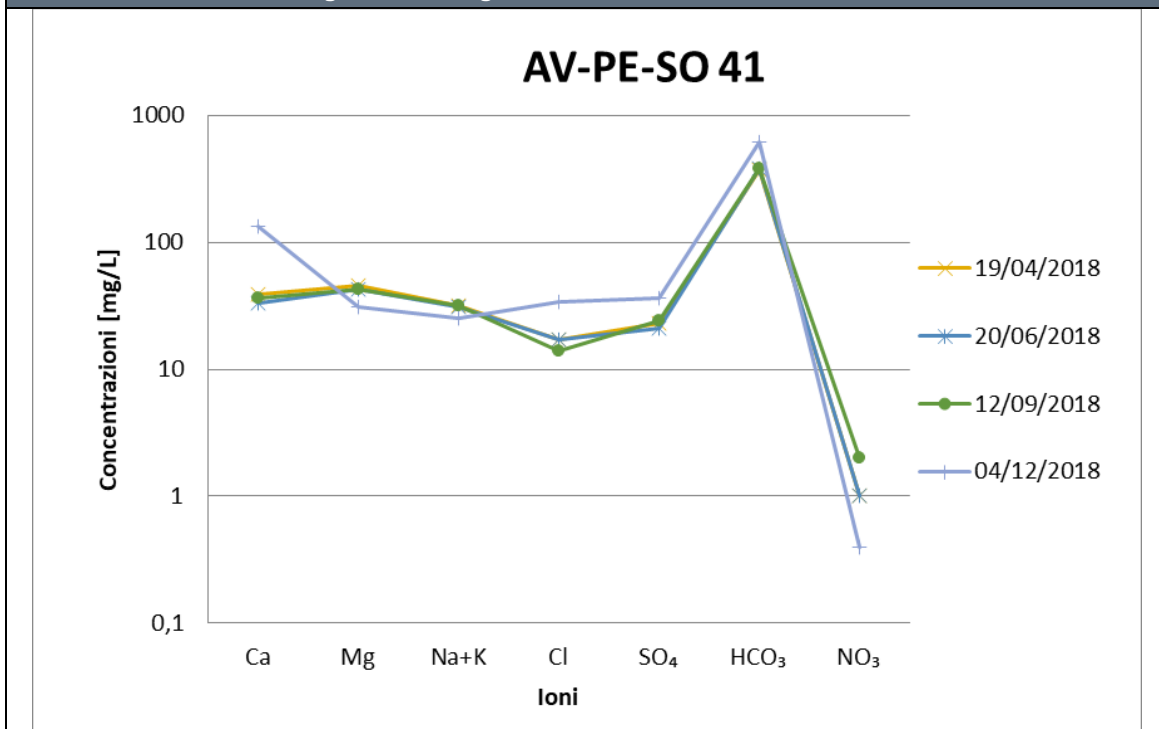
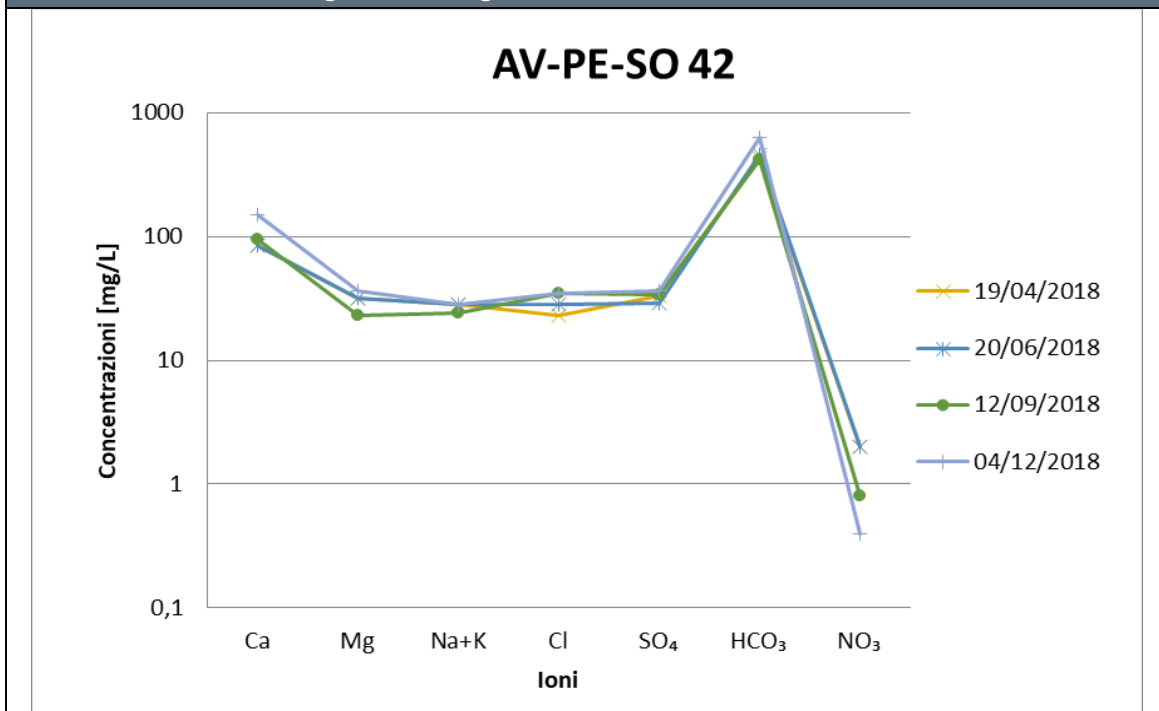


Figura 3-34 - Diagramma di Schoeller - AV-PE-SO-42



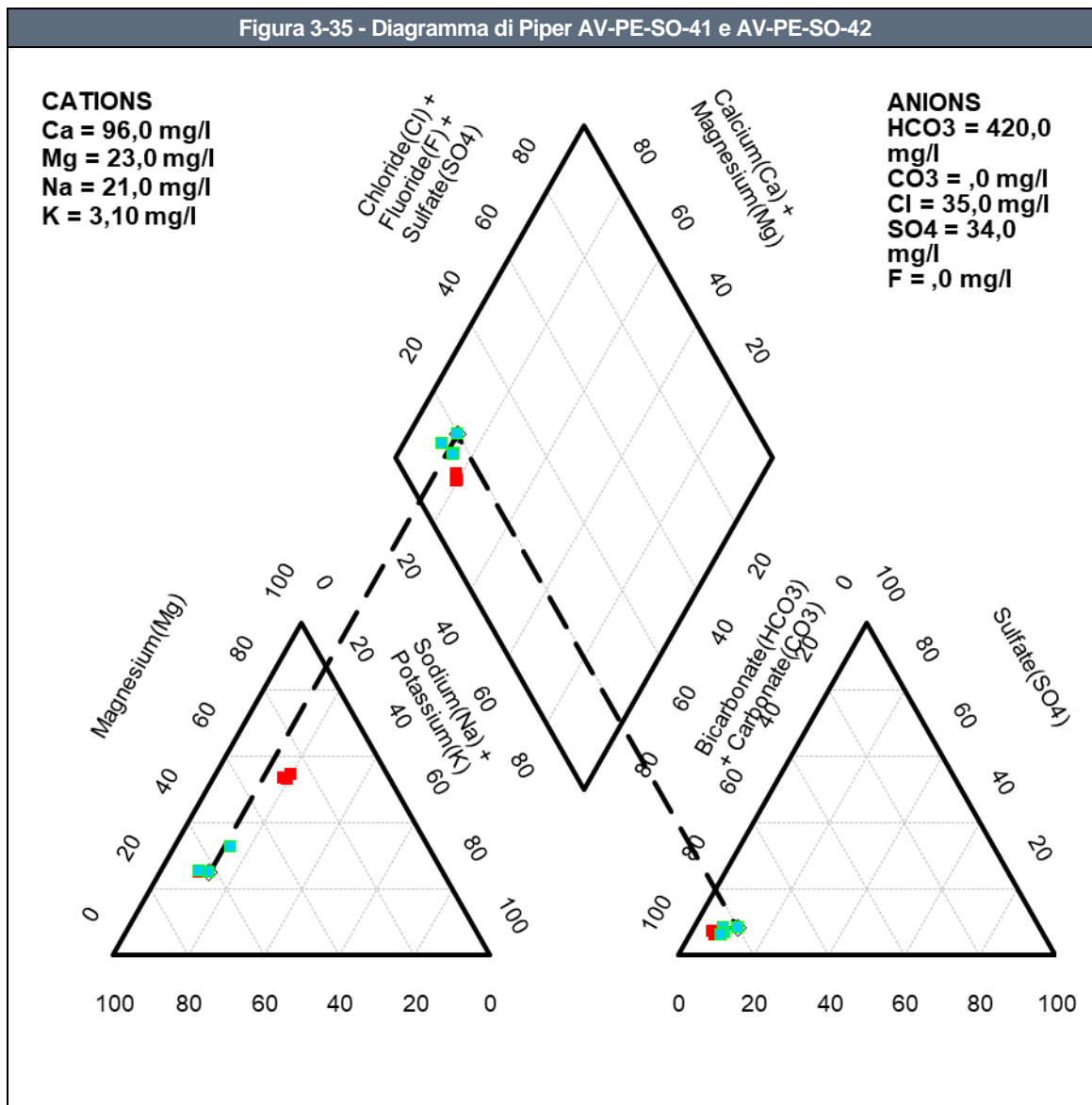
Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per i due punti di monitoraggio, si nota che essi presentano alcune differenze.

Date che le differenze tra le concentrazioni degli altri ioni considerati, presso le due stazioni, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-PE-SO 41 (indicate in rosso) e di AV-PE-SO 42 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma non è possibile indicare in modo univoco che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-35 - Diagramma di Piper AV-PE-SO-41 e AV-PE-SO-42



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-28** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso le due stazioni di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono alcune variazioni tra i due punti, in particolare per i parametri Potenziale redox nel primo campionamento.

Tabella 3-28 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisico - fase di ante operam

	AV-PE-SO-41				AV-PE-SO-42			
	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018
Data prelievo	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018
Temperatura (°C)	16,3	16,6	16,5	-	13,1	14,1	14,8	-

Tabella 3-28 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-PE-SO-41				AV-PE-SO-42			
	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018
Data prelievo	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018
pH (unità pH)	7,3	7,5	7,4	7,13	6,9	7,1	6,9	7,41
Potenziale Redox (mV)	-5	23	93	179	69	19	90	176
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	0,35	0,23	0,35	5,4	1,01	1,65	0,43	5,2
Conducibilità elettrica specifica (µS/cm a 20°C)	576	580	575	936	698	712	732	985

3.8.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-PE-SO-41 e AV-PE-SO-42, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam. Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei seguenti casi:

- Il parametro Arsenico presenta superamenti in n.3 campagne di monitoraggio presso il piezometro AV-PE-SO 41;
- In entrambi i piezometri sono risultati dei superamenti a carico del parametro Manganese;
- Il parametro Benzo(a)pirene è risultato di poco superiore al limite normativo nell'ultima campagna di monitoraggio presso il piezometro AV-PE-SO 42.

Nella seguente **Tabella 3-29** si riporta una sintesi delle concentrazioni nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-29 - Risultati monitoraggi parametri

AV-PE-SO-41				
	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018
Arsenico (CSC 10 µg/l)	29	32	30	1,1
Manganese (CSC 50 µg/l)	6	< 5	< 5	817
AV-PE-SO-42				
	19/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	04/12/2018
Manganese (CSC 50 µg/l)	32	206	706	987
Benzo(a)pirene (CSC 0,01 µg/l)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,011

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione analizzata nel tempo, indicando i superamenti riscontrati in fase di analisi.

3.9.AV-CN-SO-43 (n.d.) e AV-CN-SO-44 (n.d.)

3.9.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel comune di Castelnuovo del Garda (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-36 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-CN-SO-43	AV-CN-SO-44
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	135+600	135+750
Provincia	Verona	Verona
Comune	Castelnuovo	Castelnuovo
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 634280.29	E: 634356.47
	N: 5032195.36	N: 5031841.35



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie).

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-30** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-30 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		18/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	05/12/2018
AV-CN-SO-43 (ip:M)	m s.l.m.	93,1	93,55	96,33	92,76
AV-CN-SO-44 (ip:V)	m s.l.m.	95,7	95,42	92,99	93,36
Variazione (M-V)	m	-2,6	-1,87	3,34	-0,6

Dai monitoraggi effettuati si nota che la variazione del livello della falda non risulta essere coerente nelle diverse campagne di monitoraggio, né con la distinzione stazione di monte/valle riportata nel PMA, ovvero indicare il piezometro AV-CN-SO-43 di monte e AV-CN-SO-44 di valle.

Di conseguenza risulta difficile definire con certezza il rapporto M/V tra le due stazioni considerate, come indicato anche nello studio idrogeologico.

3.9.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-37- Figura 3-38**) e di Piper (**Figura 3-39**), per i piezometri in esame, ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-31**.

Tabella 3-31 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam									
AV-PE-SO-41 e AV-PE-SO-42									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-CN-SO-43	18/04/2018	116,8	22,7	11,4	8	44	417	35
n.d.	AV-CN-SO-44	18/04/2018	114,7	19,3	8,6	13	42	409	6
n.d.	AV-CN-SO-43	20/06/2018	117,4	20,4	11,6	8	43	416	37
n.d.	AV-CN-SO-44	20/06/2018	103,5	22,6	11,9	17	48	383	8
n.d.	AV-CN-SO-43	12/09/2018	63,9	14,2	8,9	6	47	283	4
n.d.	AV-CN-SO-44	12/09/2018	89,6	21,4	10,1	9	46	410	42
n.d.	AV-CN-SO-43	05/12/2018	109	23	8,4	5,3	37	403	43
n.d.	AV-CN-SO-44	05/12/2018	81	14	6,85	5,9	40	295	4,3

Figura 3-37 - Diagramma di Schoeller - AV-CN-SO-43

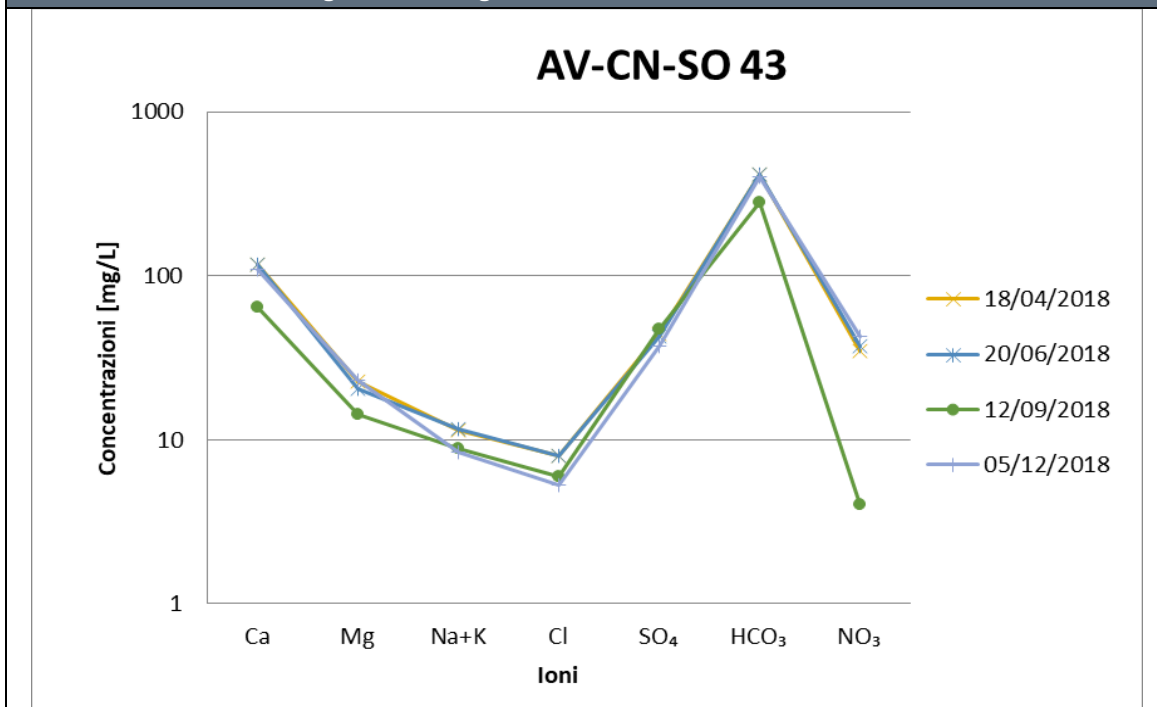
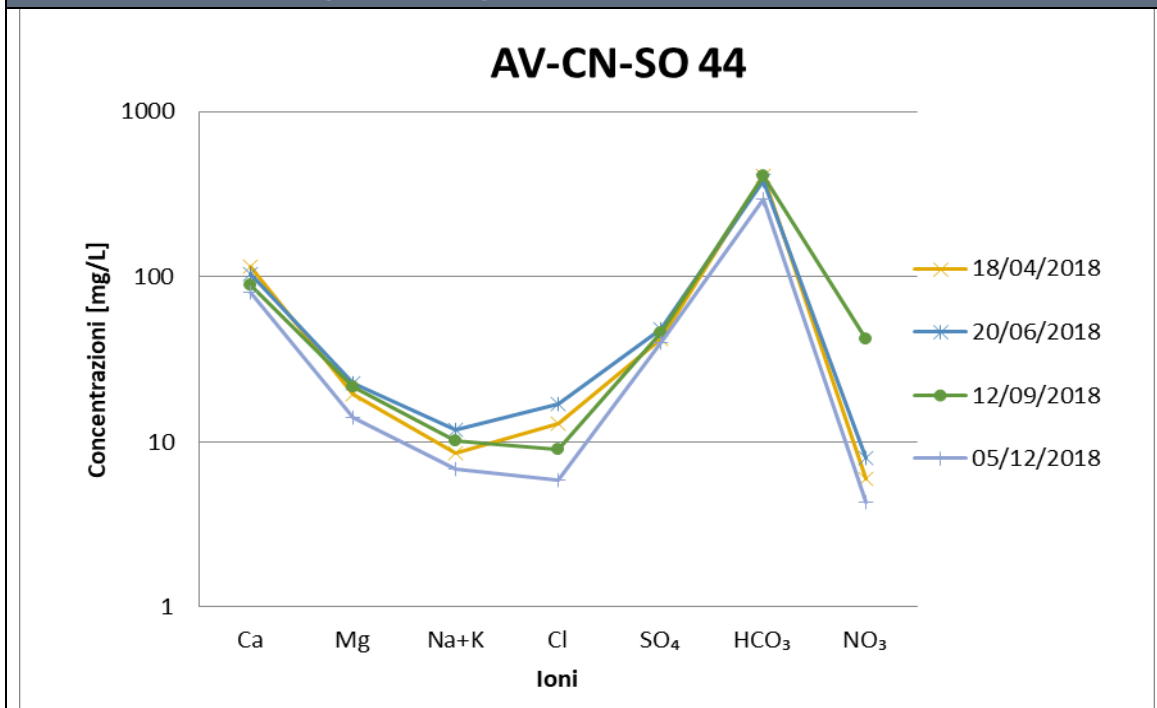
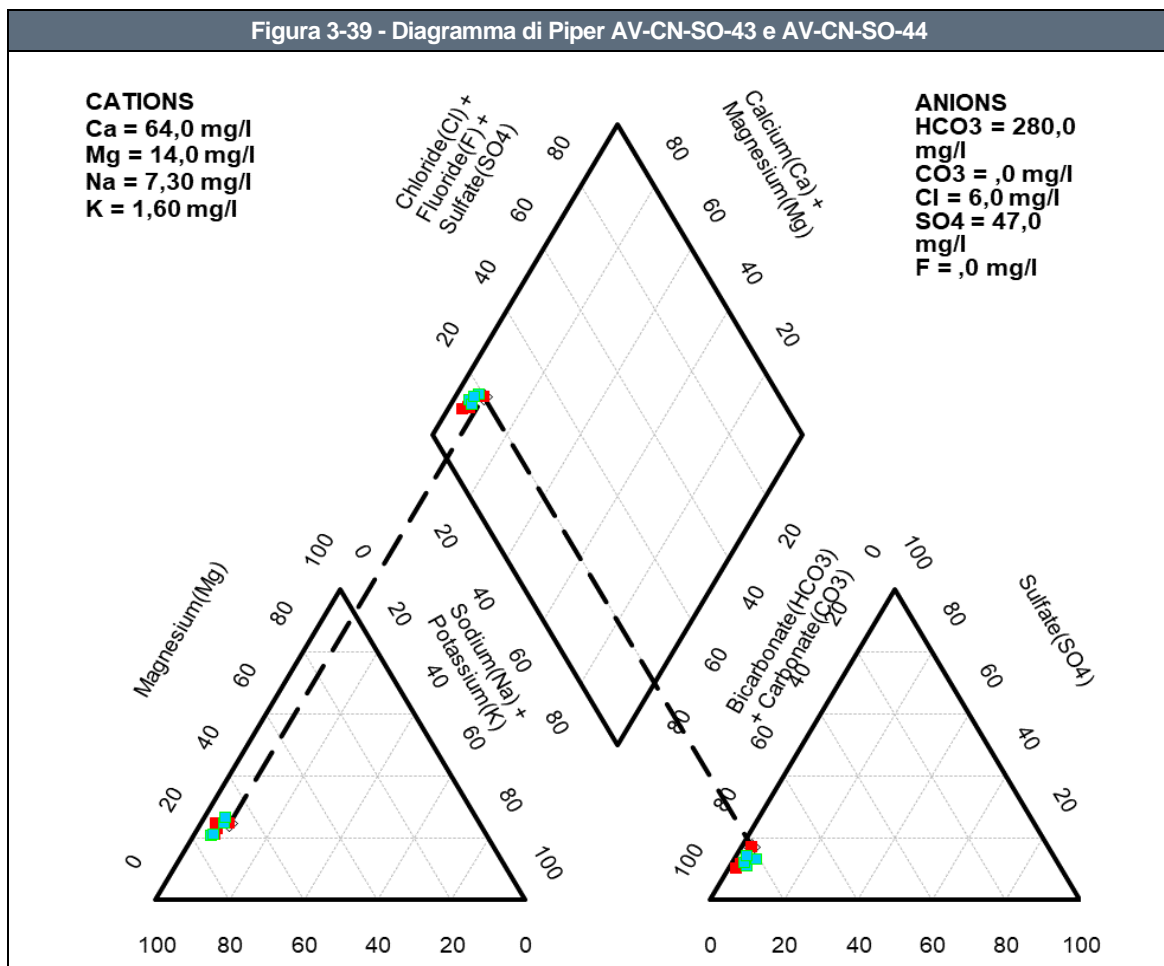


Figura 3-38 - Diagramma di Schoeller - AV-CN-SO-44



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per i due punti di monitoraggio, si nota che essi presentano alcune differenze. Dato che però le variazioni nelle concentrazioni degli ioni considerati sono all'interno dello stesso ordine di grandezza si potrebbe comunque ipotizzare che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di AV-CN-SO 43 e in azzurro quelle di AV-CN-SO 44 e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma. Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati e che essi si riferiscano a circuiti affini.



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-32** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso le due stazioni di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i due piezometri considerati.

Tabella 3-32 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-CN-SO-43				AV-CN-SO-44			
	18/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	05/12/2018	18/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	05/12/2018
Data prelievo	18/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	05/12/2018	18/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	05/12/2018
Temperatura (°C)	15,4	14,5	18,4	-	15	15,9	14,7	-
pH (unità pH)	6,8	7	6,9	7,26	6,8	7,1	6,6	7,67
Potenziale Redox (mV)	101	109	110	203	75	118	113	180
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	4,9	4,16	1,55	5,1	1,09	2,26	2,76	5,6
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	698	700	494	680	655	638	705	503

3.9.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-CN-SO-43 e AV-CN-SO-44, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam. Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei seguenti casi:

- In entrambi i piezometri sono risultati dei superamenti a carico del parametro Benzo(a)pirene nell'ultima sessione di monitoraggio;
- Il parametro Manganese è risultato di poco superiore al limite normativo nella prima campagna di monitoraggio presso il punto AV-CN-SO-44 .

Nella seguente **Tabella 3-33** si riporta una sintesi delle concentrazioni nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-33 - Risultati monitoraggi parametri

AV-CN-SO-43				
	18/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	05/12/2018
Benzo(a)pirene (CSC 0,01 μg/l)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,011
AV-CN-SO-44				
	18/04/2018	20/06/2018	12/09/2018	05/12/2018
Manganese (CSC 50 μg/l)	56	10	< 5	12
Benzo(a)pirene (CSC 0,01 μg/l)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,013

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e una sintesi dei superamenti riscontrati in fase di analisi.

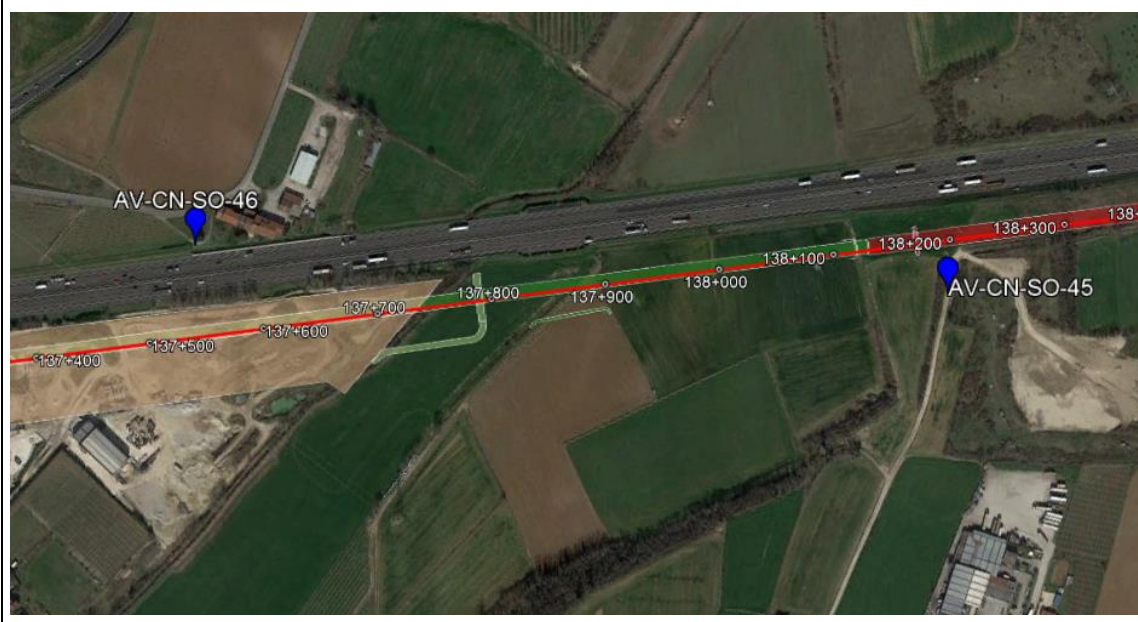
3.10. AV-CN-SO-45 (monte) e AV-CN-SO-46 (valle)

3.10.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel comune di Castelnuovo del Garda (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-40 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-CN-SO-45	AV-CN-SO-46
Posizione	Sud	Nord
WBS di progetto	-	-
pK	138+200	137+550
Provincia	Verona	Verona
Comune	Castelnuovo	Castelnuovo
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 636811.37	E: 636190.79
	N: 5031822.00	N: 5032025.34



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-34** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-34 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018
AV-CN-SO-45 (M)	m s.l.m.	94,79	96,48	95,03	93,58
AV-CN-SO-46 (V)	m s.l.m.	asciutto	asciutto	90,81	81,06
Variazione (M-V)	m	n.d.	n.d.	4,22	12,52

Dai monitoraggi effettuati si nota che nelle prime due campagne di monitoraggio il piezometro AV-CN-SO-46 è risultato asciutto e di conseguenza non campionabile; inoltre i valori del livello della falda, nelle sessioni di monitoraggi di settembre e dicembre risultano sostanziali e coerenti con la distinzione di monte/valle riportata nel PMA. Si può ipotizzare che, come nello studio idrogeologico, il piezometro AV-CN-SO-45 sia di monte e AV-CN-SO-46 sia di valle. Data però l'instabilità dei risultati tale considerazione va approfondita con nuovi dati relativi alle future sessioni di monitoraggio.

3.10.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

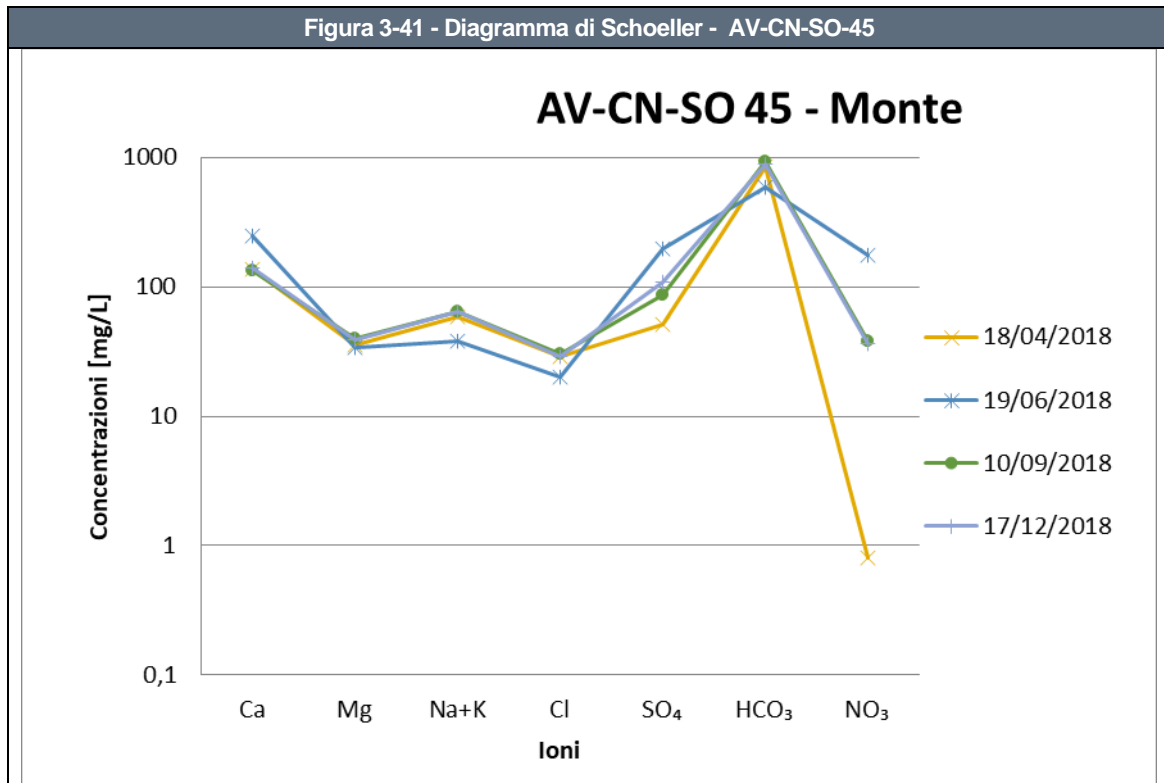
Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-41- Figura 3-42**) e di Piper (**Figura 3-43**), per i piezometri in esame, ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-35**.

Tabella 3-35 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-CN-SO-45 e AV-CN-SO-46									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
Monte	AV-CN-SO-45	18/04/2018	135,5	35,2	58,3	29	51	847	0,8
Valle	AV-CN-SO-46	18/04/2018	-	-	-	-	-	-	-
Monte	AV-CN-SO-45	19/06/2018	247,8	34,1	38,4	20	198	582	177
Valle	AV-CN-SO-46	19/06/2018	-	-	-	-	-	-	-
Monte	AV-CN-SO-45	10/09/2018	133	40,1	64,8	30	87	939	38
Valle	AV-CN-SO-46	10/09/2018	89,7	17,3	16,2	30	32	276	44
Monte	AV-CN-SO-45	17/12/2018	139	39	64	29	108	892	36
Valle	AV-CN-SO-46	17/12/2018	101	19	18,6	40	34	376	36

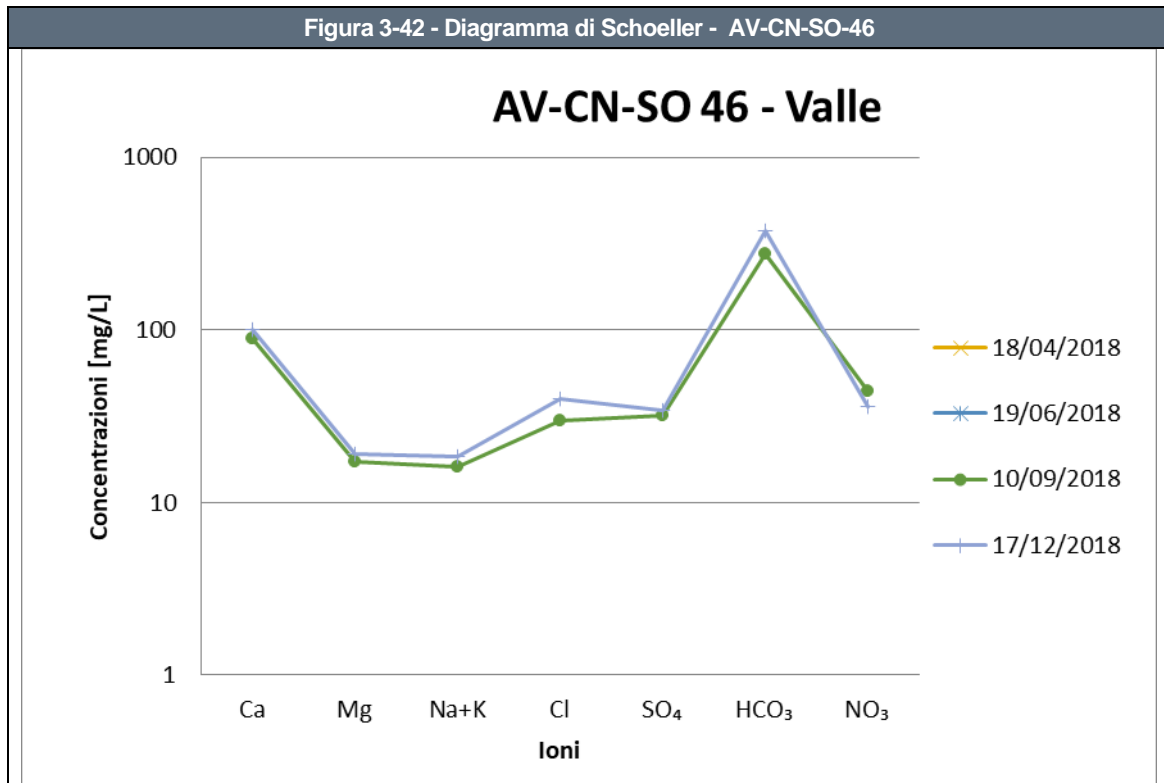
Figura 3-41 - Diagramma di Schoeller - AV-CN-SO-45



Si ricorda che nelle prime due campagne di monitoraggio il piezometro AV-CN-SO-46 è risultato asciutto e di conseguenza non campionabile.

Di conseguenza nel successivo diagramma di Shoeller sono rappresentati sono i risultati relativi alle campagne di settembre e dicembre 2018.

Figura 3-42 - Diagramma di Schoeller - AV-CN-SO-46



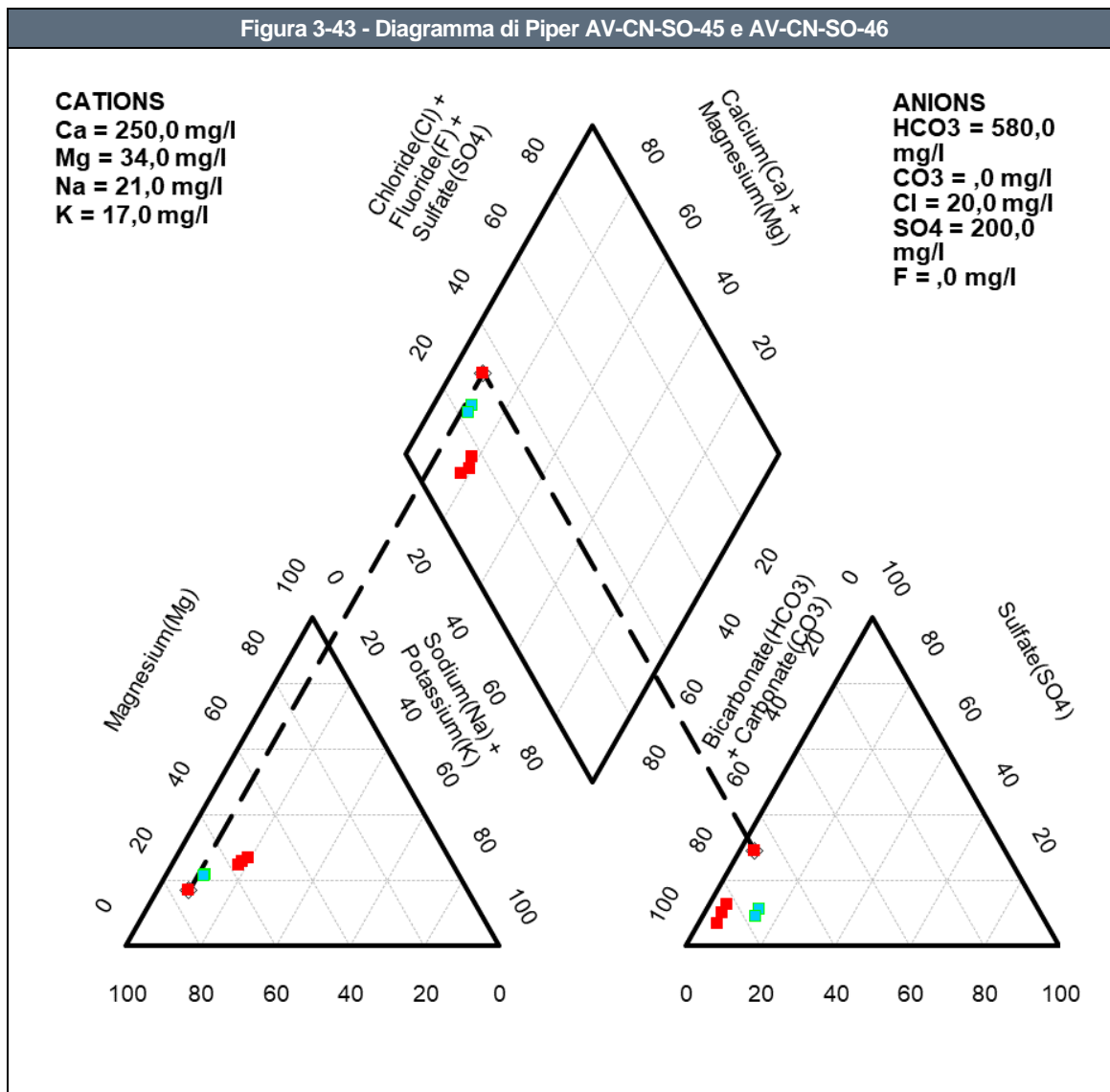
Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono completamente sovrapponibili.

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati, presso la stazione di monte e di valle, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-CN-SO-45 (indicate in rosso) e di AV-CN-SO-46 (in azzurro) non siano corrispondenti nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-43 - Diagramma di Piper AV-CN-SO-45 e AV-CN-SO-46



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-36** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso le due stazioni di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i due piezometri considerati, ad eccezione del parametro Conducibilità elettrica.

Tabella 3-36 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-CN-SO-45 - Monte				AV-CN-SO-46 - Valle			
	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018
Data prelievo	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018
Temperatura (°C)	17,7	18	17,1	-	-	-	16,6	

Tabella 3-36 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-CN-SO-45 - Monte				AV-CN-SO-46 - Valle			
	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018
pH (unità pH)	6,5	6,7	6,6	6,92	-	-	7,2	7,26
Potenziale Redox (mV)	31	133	80	212	-	-	79	214
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	0,19	0,28	0,09	4,1	-	-	2,71	5,2
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	1347	1431	1476	1537	-	-	595	732

3.10.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-CN-SO-45 (M) e AV-CN-SO-46 (V), si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei parametri Ferro (che mostra un superamento nella prima sessione di monitoraggio pari a 295 μg/l) e Manganese (che presenta superamenti per tutte le campagne eseguite) solo presso il piezometro di monte.

Nella seguente **Tabella 3-37** si riporta una sintesi delle concentrazioni di ferro e manganese nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando i superamenti registrati (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-37 - Risultati monitoraggi parametri

AV-CN-SO-45				
	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	17/12/2018
Ferro (CSC 200 μg/l)	265	31	92	34
Manganese (CSC 50 μg/l)	193	77	190	206

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera. Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e una sintesi dei superamenti riscontrati in fasi di analisi.

3.11. AV-CN-SO-47 (n.d.) e AV-CN-SO-48 (n.d.)

3.11.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel comune di Castelnuovo del Garda (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-44 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-CN-SO-47	AV-CN-SO-48
Posizione	Sud	Nord
WBS di progetto	-	-
pK	139+100	138+900
Provincia	Verona	Verona
Comune	Castelnuovo	Castelnuovo
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 637707.11	E: 637552.37
	N: 5031696.03	N: 5031990.55



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio

lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali). I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie).

Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-38** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-38 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
AV-CN-SO-47 (ip:M)	m s.l.m.	99,65	100,1	100,22	98,96
AV-CN-SO-48 (ip:V)	m s.l.m.	99,95	98,5	99,89	98,29
Variazione (M-V)	m	-0,3	1,6	0,33	0,67

Dai monitoraggi effettuati si nota che la variazione del livello della falda non risulta essere coerente nelle diverse campagne di monitoraggio, poiché nella prima campagna il rapporto M/V pare invertito rispetto alla distinzione stazione di monte/valle riportata nel PMA, ovvero indicare il piezometro AV-CN-SO-47 di monte e AV-CN-SO-48 di valle. Di conseguenza risulta difficile definire con certezza il rapporto M/V tra le due stazioni considerate, anche perché il gradiente risulta essere limitato (confermato anche dallo studio idrogeologico).

3.11.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-45- Figura 3-46**) e di Piper (**Figura 3-47**), per i piezometri in esame, ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-39**.

Tabella 3-39 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam									
AV-CN-SO-47 e AV-CN-SO-48									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-CN-SO-47	18/04/2018	104,1	16,7	23	25	44	444	33
n.d.	AV-CN-SO-48	18/04/2018	88,2	21,6	11,9	16	48	348	22
n.d.	AV-CN-SO-47	19/06/2018	109,4	19,2	22,3	30	42	365	28
n.d.	AV-CN-SO-48	19/06/2018	86,4	24,3	14,4	17	46	357	23
n.d.	AV-CN-SO-47	10/09/2018	114,6	21	23,7	34	47	387	26
n.d.	AV-CN-SO-48	10/09/2018	96,9	27,2	26,8	35	30	406	29
n.d.	AV-CN-SO-47	04/12/2018	116	20	23,3	48	45	388	26
n.d.	AV-CN-SO-48	04/12/2018	83	23	24,9	49	24	382	29

Figura 3-45 - Diagramma di Schoeller - AV-CN-SO-47

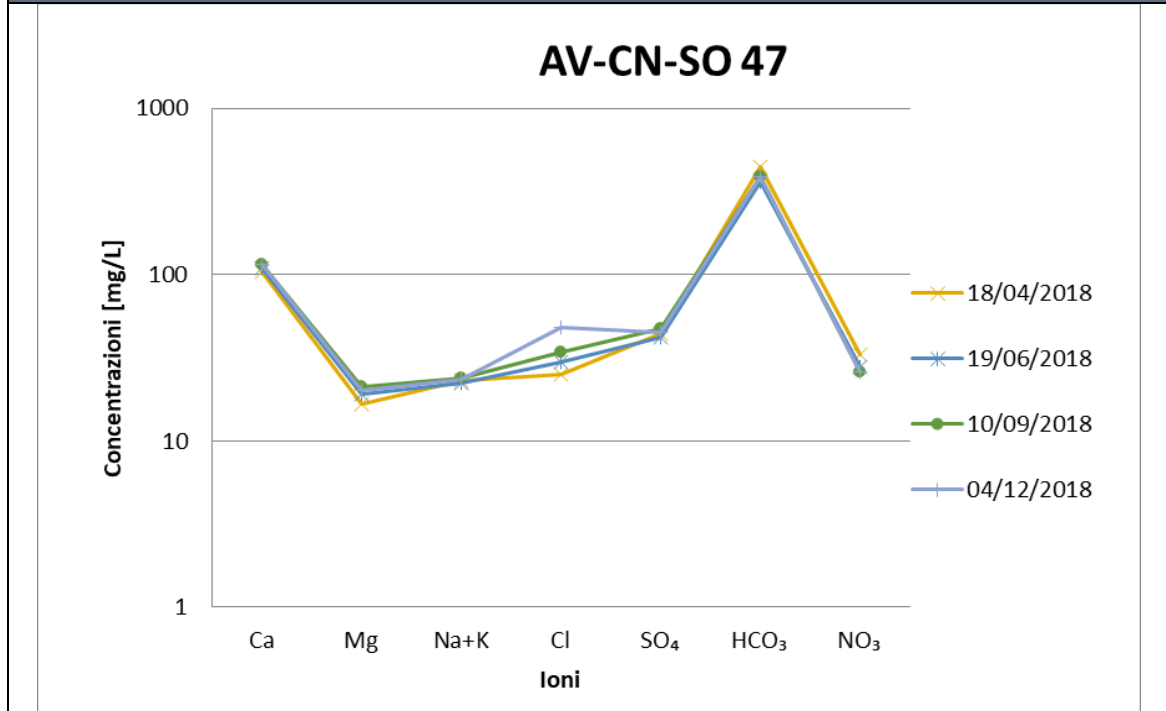
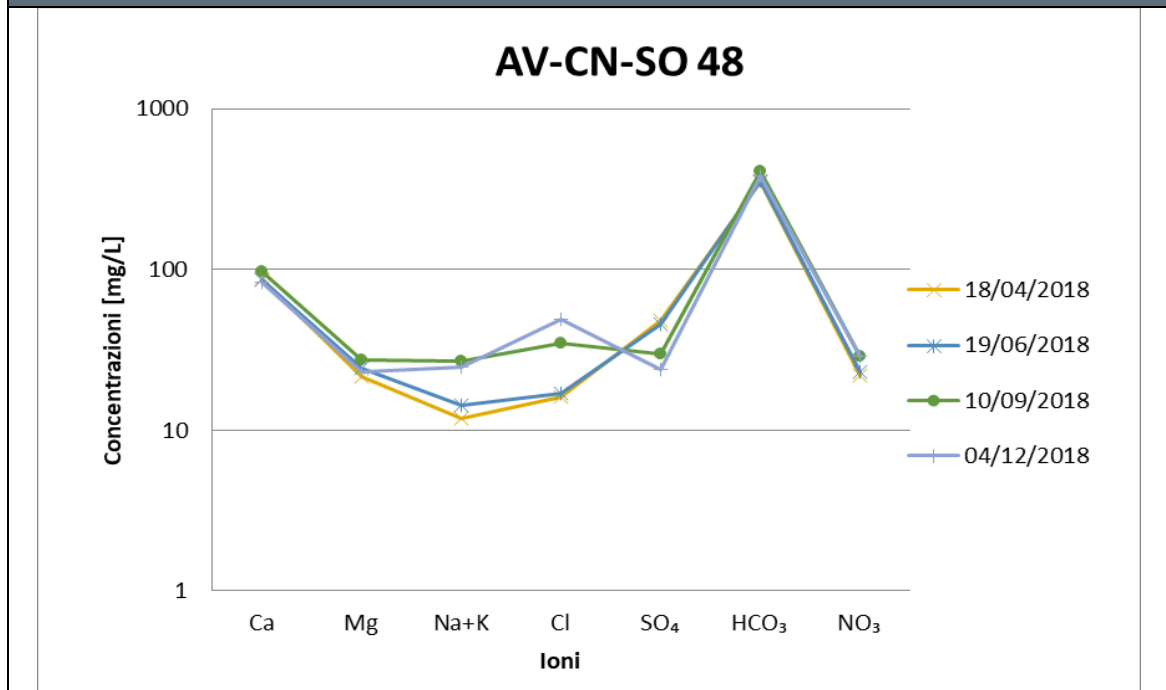


Figura 3-46 - Diagramma di Schoeller - AV-CN-SO-48



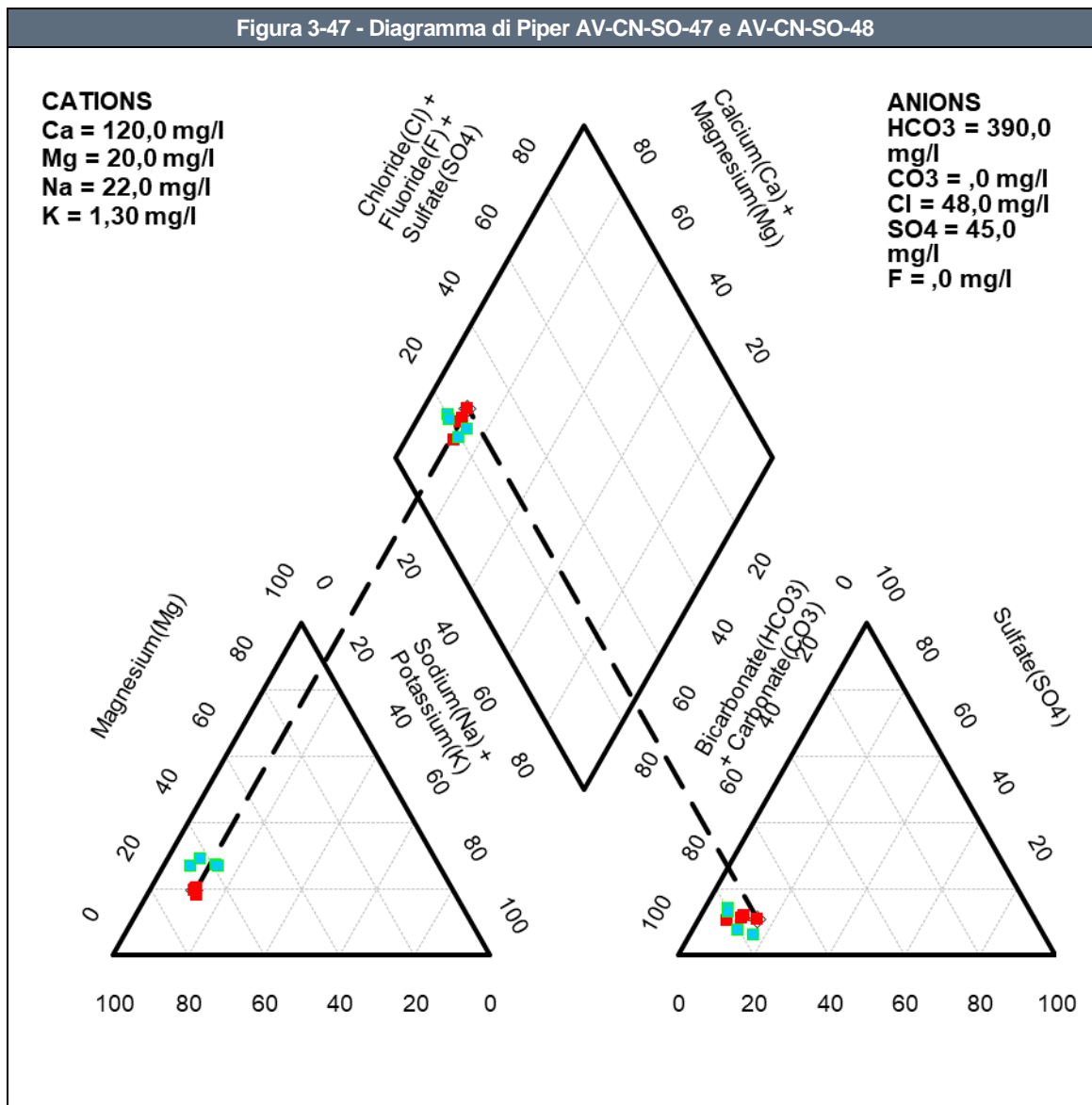
Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per i due piezometri, si nota che essi presentano alcune differenze.

Dato che però le variazioni nelle concentrazioni degli ioni considerati sono all'interno dello stesso ordine di grandezza si potrebbe comunque ipotizzare che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri AV-CN-SO-47 e in azzurro quelle di AV-CN-SO-48 e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati.

Figura 3-47 - Diagramma di Piper AV-CN-SO-47 e AV-CN-SO-48



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-40** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso le due stazioni di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni tra i due piezometri considerati.

Tabella 3-40 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-CN-SO-47				AV-CN-SO-48			
	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
Data prelievo	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
Temperatura (°C)	14,3	14,9	16,5	-	19,3	21,2	22,3	-

Tabella 3-40 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-CN-SO-47				AV-CN-SO-48			
	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018	18/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
pH (unità pH)	6,9	7	7	7,25	6,9	7,1	6,9	7,37
Potenziale Redox (mV)	95	85	77	201	71	47	74	182
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	6,07	5,31	2,98	5,6	1,94	1,26	0,93	5,3
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	701	718	743	778	648	643	779	742

3.11.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-CN-SO-47 e AV-CN-SO-48, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

3.12. AV-SO-SO-49 (n.d.) e AV-SO-SO-50 (n.d.)

3.12.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel comune di Sona (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-48 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-SO-SO-49	AV-SO-SO-50
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	140+800	140+150
Provincia	Verona	Verona
Comune	Sona	Sona
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 639406.69	E: 638690.27
	N: 5031483.39	N: 5031299.15



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala. Nell'area comunale di Sona e Sommacampagna, la falda sospesa identificata tende ad assumere una direzione di flusso più o meno costante in direzione ONO-ESE, non dissimile da quella della falda principale presente in questa zona.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-41** i risultati freatimetrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-41 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		17/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
AV-SO-SO-49 (ip:M)	m s.l.m.	120,42	120,61	120,28	119,76
AV-SO-SO-50 (ip:V)	m s.l.m.	97,78	97,53	98,69	96,68
Variazione (M-V)	m	22,64	23,08	21,59	23,08

Dai monitoraggi effettuati si nota che i valori del livello della falda, nelle sessioni di monitoraggio risultano molto consistenti (differenza di circa 22-23 m) e non è possibile definire quale sia il monte e quale sia il valle tra le due sezioni considerate; inoltre è possibile anche concludere che non si riferiscano allo stesso acquifero. Tali considerazioni trovano conferma nei risultati dello studio idrogeologico.

3.12.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-49- Figura 3-50**) e di Piper (**Figura 3-51**), per i piezometri in esame, ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-42**.

Tabella 3-42 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-SO-SO-49 e AV-SO-SO-50									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-SO-SO-49	17/04/2018	136,6	29,4	6	23	66	-	25
n.d.	AV-SO-SO-50	17/04/2018	46	14,8	26	7	30	-	0,8
n.d.	AV-SO-SO-49	19/06/2018	140,8	32,5	7,6	23	65	484	28
n.d.	AV-SO-SO-50	19/06/2018	26,8	16,8	31,4	4	15	231	0,8
n.d.	AV-SO-SO-49	10/09/2018	131,7	34,8	6	22	68	560	31
n.d.	AV-SO-SO-50	10/09/2018	15,8	12,7	40,5	2	14	206	0,8
n.d.	AV-SO-SO-49	04/12/2018	137	32	5,46	21	60	439	27
n.d.	AV-SO-SO-50	04/12/2018	142	32	5,13	26	60	496	27

Figura 3-49 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-49

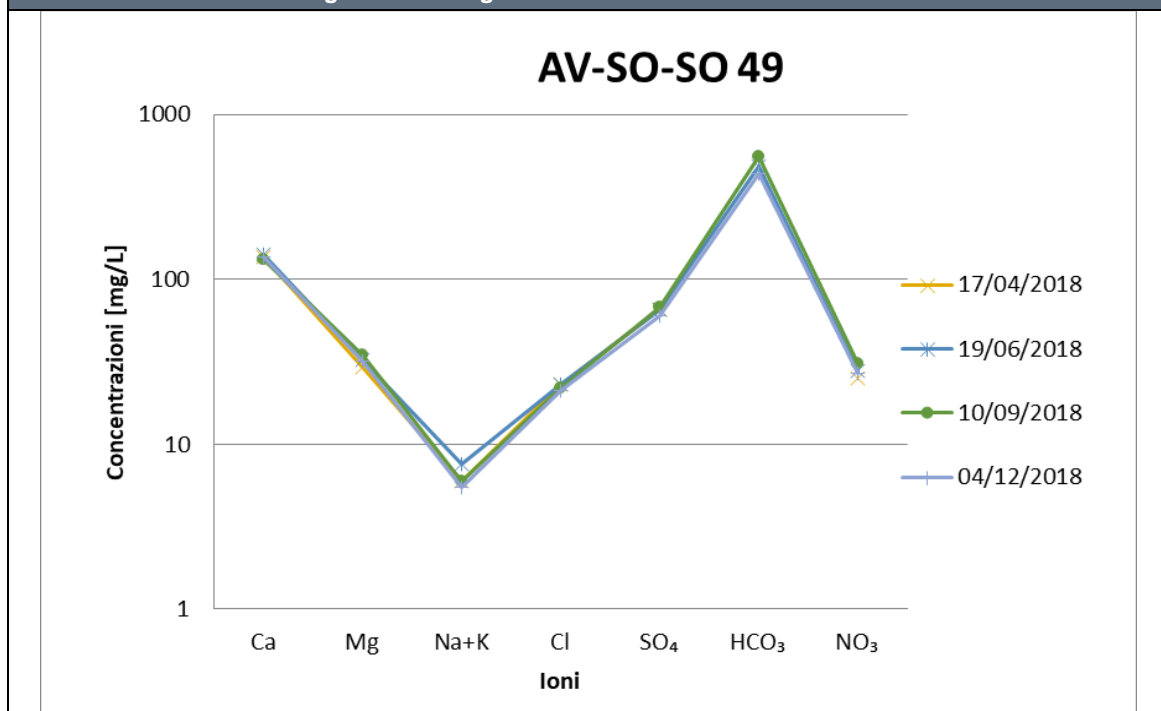
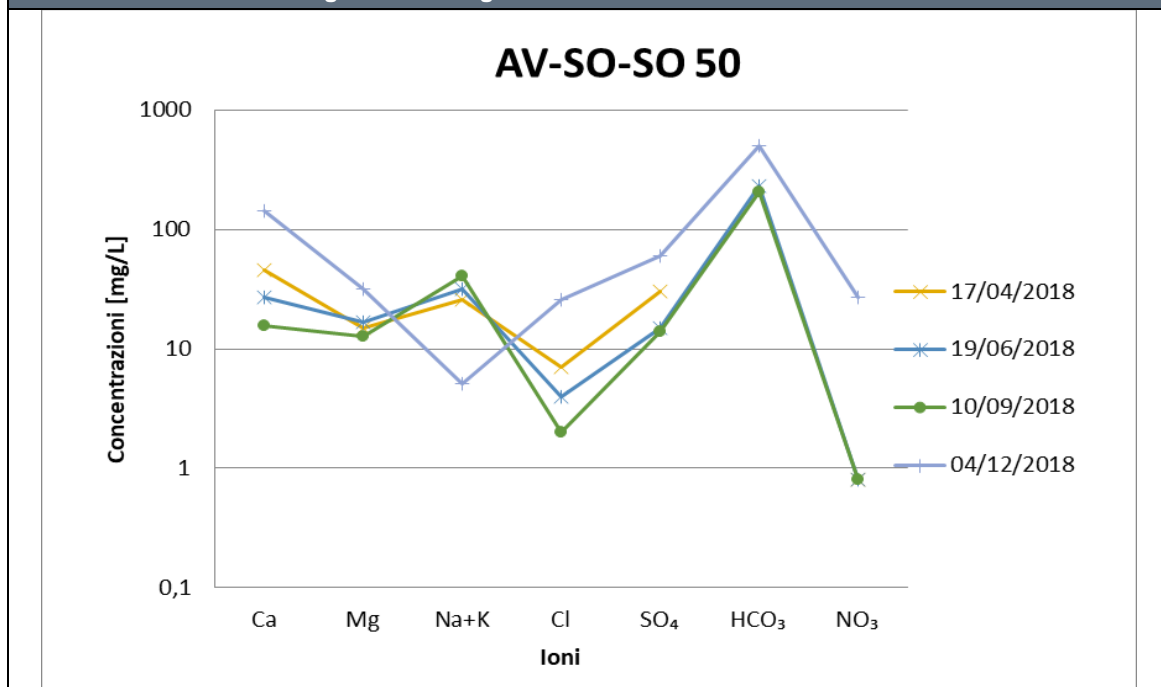


Figura 3-50 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-50



Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili.

La profondità di installazione dei piezometri risulta essere la medesima, ovvero pari a 20 m da p.c., mentre il tratto fessurato è differente e risulta essere da 5 m a 20 m per il AV-SO-SO-49 e da 10 m a 20 m per il AV-SO-SO-50.

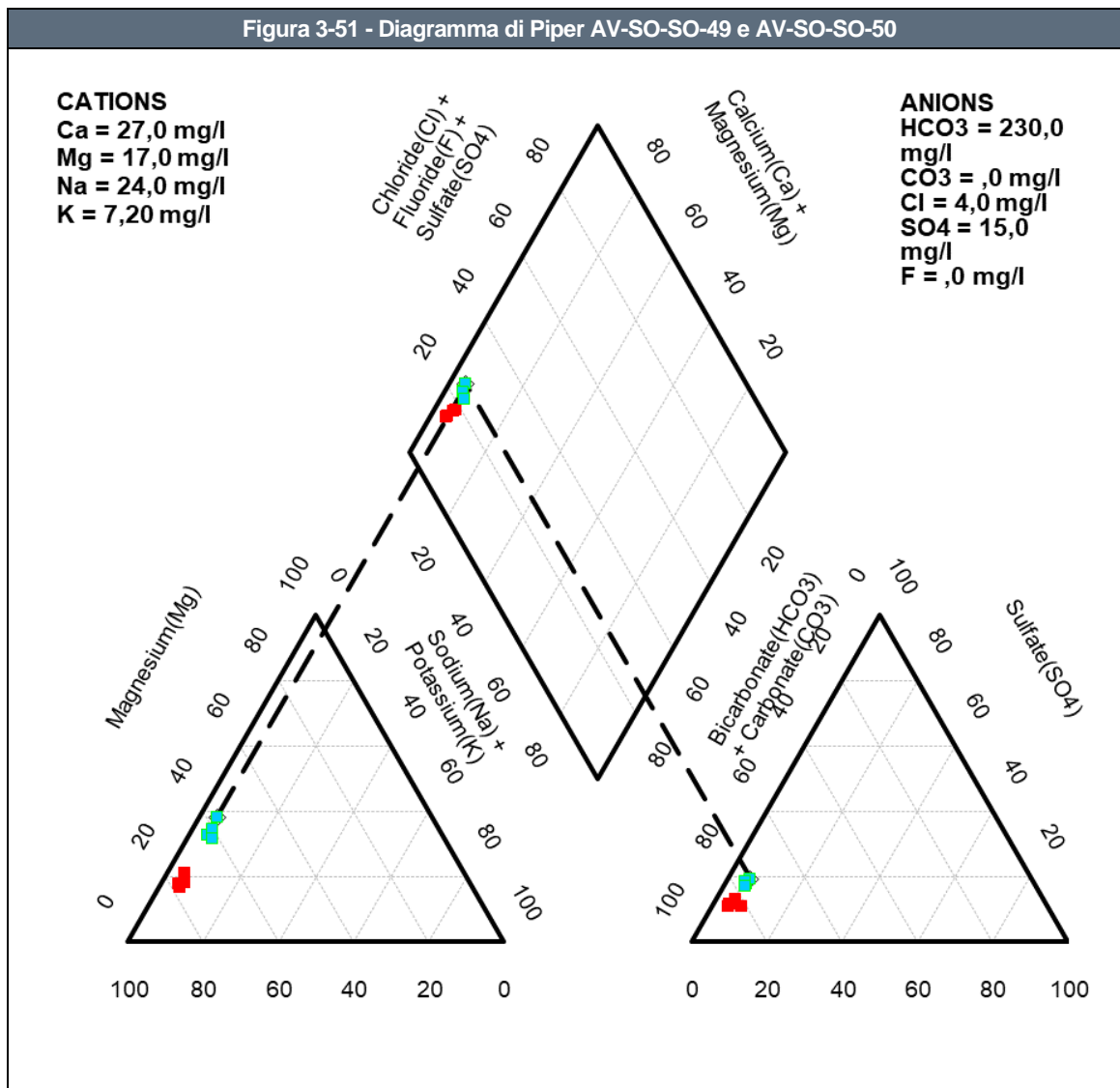
Gli orizzonti di terreno intercettati dai due punti di monitoraggio sono così suddivisi: il piezometro AV-SO-SO-49, in corrispondenza del tratto fessurato, intercetta uno spessore di limo sabbia fine, localmente deb. argilloso, rara ghiaia fino a 9,7 m da p.c. e limo da argilloso a con argilla, deb. sabbioso, rara ghiaia fino a f.f., mentre il piezometro AV-SO-SO-50 intercetta sabbia da ghiaiosa a con ghiaia, deb. limosa, localmente argillosa fino a 11,9 m da p.c., sabbia fine e limo, localmente argillosa fino a 14,6 m e limo con argilla debolmente sabbioso e con rara ghiaia fino a f.f.

Di conseguenza, dato che le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati, presso la stazione di monte e di valle, sono abbastanza significative, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dal punto di monte e da quello di valle sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato- calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-SO-SO-49 (indicate in rosso) e di AV-SO-SO-50 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-51 - Diagramma di Piper AV-SO-SO-49 e AV-SO-SO-50



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-43** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso le due stazioni di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono alcune variazioni relative ai parametri Potenziale redox e Conducibilità elettrica.

Tabella 3-43 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-SO-SO-49				AV-SO-SO-50			
Data prelievo	17/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018	17/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
Temperatura (°C)	16,2	15	14,5	-	18,1	16,9	16,6	-
pH (unità pH)	6,7	6,9	6,6	7,4	7,4	8	8,1	7,17

Tabella 3-43 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-SO-SO-49				AV-SO-SO-50			
	17/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018	17/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
Potenziale Redox (mV)	109	148	106	188	-50	-81	76	205
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	2,7	3,32	1,11	5,3	0,36	0,19	0,1	5,4
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	840	837	838	439	431	329	316	835

3.12.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-SO-SO-49 e AV-SO-SO-50, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei seguenti casi:

- presso il piezometro AV-SO-SO-49, i parametri Ferro e Benzo(a)pirene mostrano superamenti nell'ultima sessione di monitoraggio, con valori di concentrazione rispettivamente pari a 213 μg/l e 0,012 μg/l;
- presso il piezometro AV-SO-SO-50, sono stati registrati lievi superamenti per il parametro Arsenico nelle sessioni di monitoraggio di giugno e settembre 2018 con valori di concentrazione rispettivamente pari a 11 μg/l e 13 μg/l.

Nella seguente **Tabella 3-44** si riporta una sintesi delle concentrazioni nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando i superamenti registrati (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-44 - Risultati monitoraggi parametri

AV-SO-SO-49				
	17/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
Ferro (CSC 200 μg/l)	< 20	< 20	< 20	213
Benzo(a)pirene (CSC 0,01 μg/l)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,012
AV-SO-SO-50				
	17/04/2018	19/06/2018	10/09/2018	04/12/2018
Arsenico (CSC 10 μg/l)	7	11	13	< 1

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri di monte e valle, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione e una sintesi dei superamenti riscontrati.

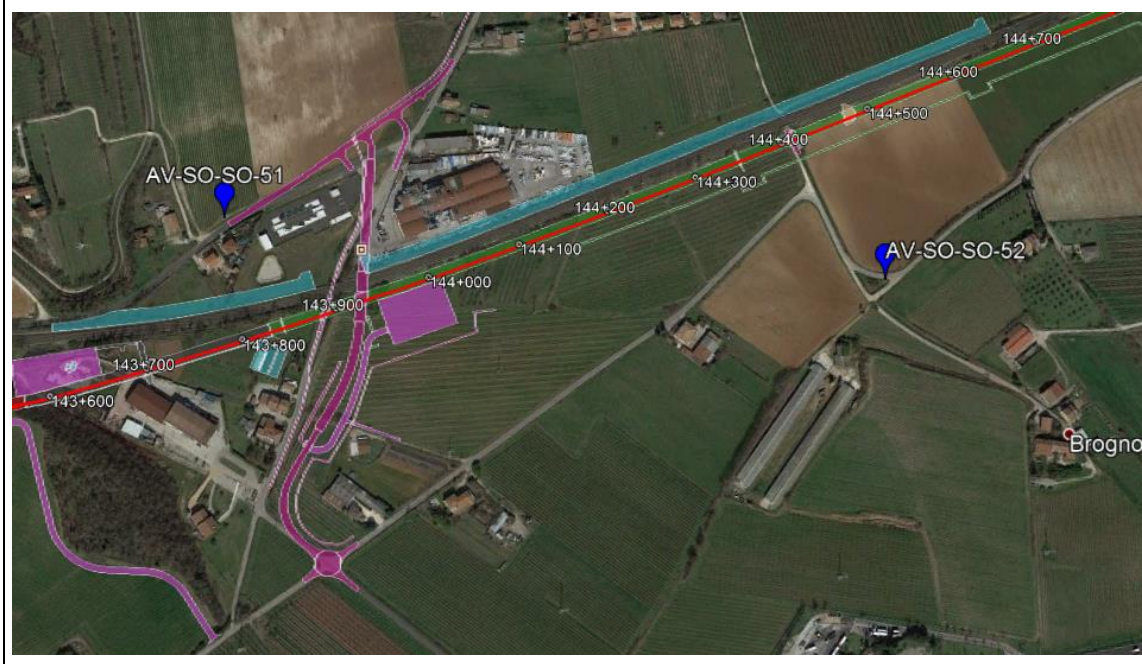
3.13. AV-SO-SO-51 (n.d.) e AV-SO-SO-52 (n.d.)

3.13.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A** I piezometri AV-SO-SO-51 e AV-SO-SO-52 sono ubicati nel comune di Sona (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-52 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-SO-SO-51	AV-SO-SO-52
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	143+800	144+500
Provincia	Verona	Verona
Comune	Sona	Sona
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 642327.95	E: 642998.74
	N: 5031477.60	N: 5031355.80



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali). I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Nell'area comunale di Sona e Sommacampagna, la falda sospesa identificata tende ad assumere una direzione di flusso più o meno costante in direzione ONO-ESE, non dissimile da quella della falda principale presente in questa zona. Le falde identificate all'interno dell'anfiteatro morenico risultano isolate dalla falda principale a causa dei depositi sottoglaciali presenti nel sottosuolo, fatta eccezione per la porzione di territorio compresa fra i comuni di Sona e Sommacampagna, ove è stata identificata un'area di infiltrazione delle acque di queste falde all'interno della falda principale superficiale.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-45** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-45 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018
AV-SO-SO-51 (ip:M)	m s.l.m.	58,2	54,2	102,96	103,2
AV-SO-SO-52 (ip:V)	m s.l.m.	82,8	51,6	105,25	103,64
Variazione (M-V)	m	-24,6	2,6	-2,29	-0,44

La tabella mostra l'esistenza di una situazione idrogeologica molto instabile, con evidenti ampie oscillazioni stagionali nei livelli freatici, non coerenti nelle diverse campagne di monitoraggio svolte. Di conseguenza, con i dati a disposizione, non è possibile definire in modo univoco il rapporto M/V per la coppia di piezometri in esame, come indicato anche nello studio idrogeologico.

3.13.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-53– Figura 3-54**) e di Piper (**Figura 3-55**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-46**.

Tabella 3-46 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-SO-SO-51 e AV-SO-SO-52									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-SO-SO-51	17/04/2018	128,8	20	7,2	10	43	418	47
n.d.	AV-SO-SO-52	17/04/2018	111,2	16,8	7,6	14	31	-	24
n.d.	AV-SO-SO-51	18/06/2018	117,7	23,1	5,7	7	39	392	50
n.d.	AV-SO-SO-52	18/06/2018	80,6	15,2	12,3	8	38	316	24
n.d.	AV-SO-SO-51	18/09/2018	121,8	21,3	6,7	6	37	394	36
n.d.	AV-SO-SO-52	18/09/2018	124,7	21,5	10,9	16	40	421	21
n.d.	AV-SO-SO-51	05/12/2018	103	19	14,7	14	35	437	19
n.d.	AV-SO-SO-52	05/12/2018	106	19	15,5	13	36	434	19

Figura 3-53 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-51

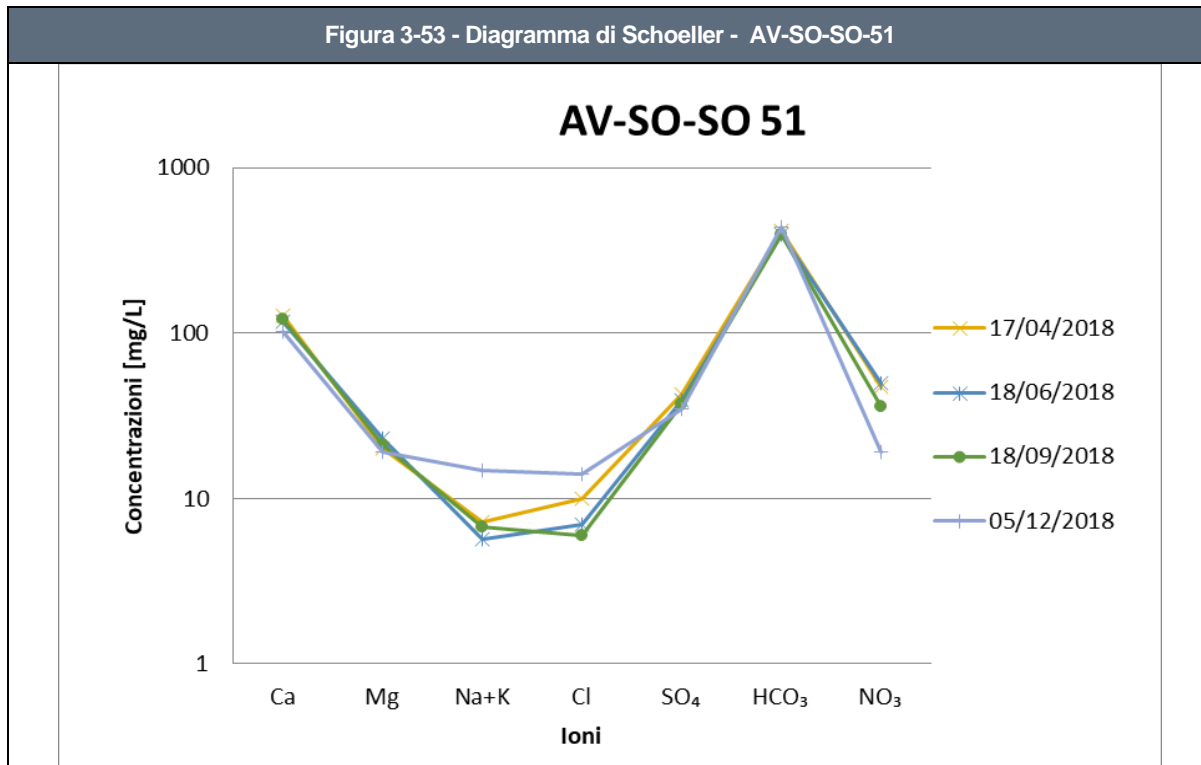
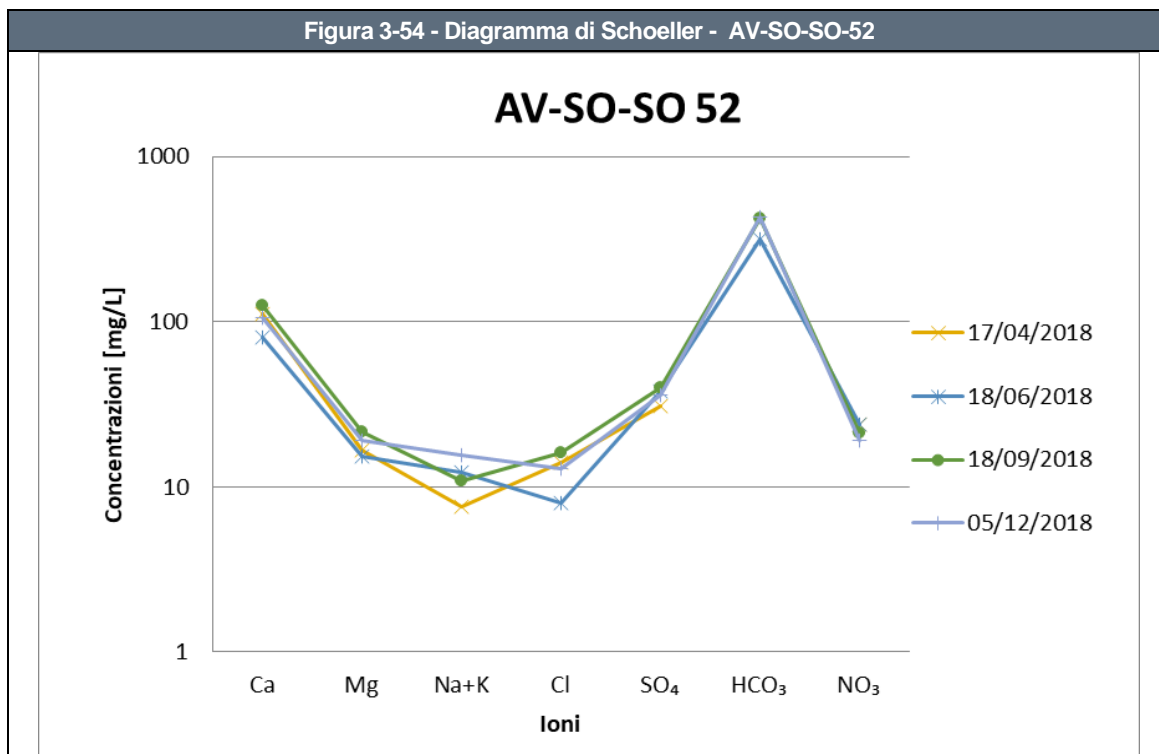


Figura 3-54 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-52



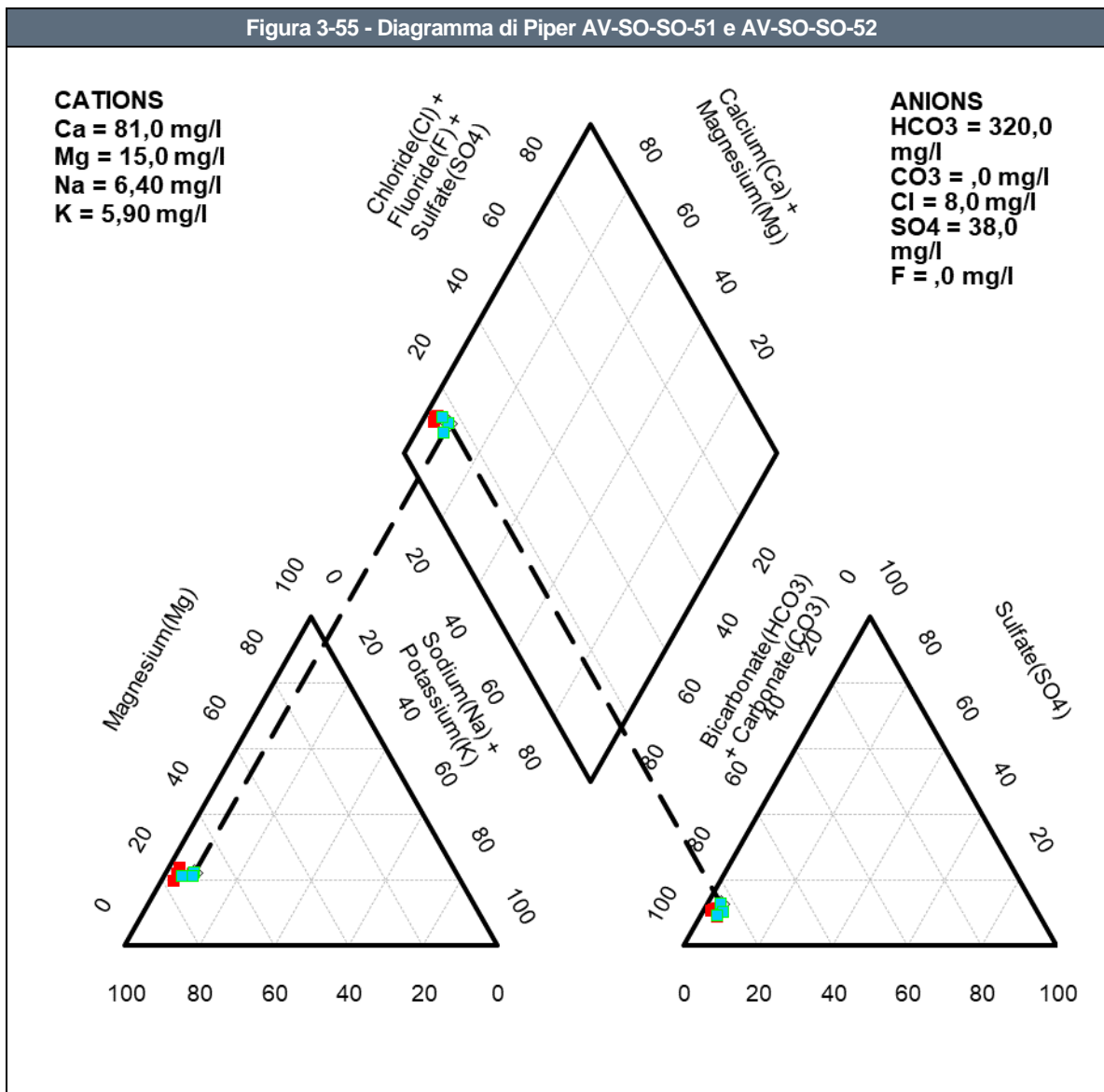
Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per il punto di monte e di valle, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili.

Dato però che le differenze nelle concentrazioni degli ioni considerati sono all'interno dello stesso ordine di grandezza si potrebbe comunque ipotizzare che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di AV-SO-SO-51 e in azzurro quelle di AV-SO-SO-52 e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati.

Figura 3-55 - Diagramma di Piper AV-SO-SO-51 e AV-SO-SO-52



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-47** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare non ci sono particolari variazioni i due piezometri in esame.

Tabella 3-47 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-SO-SO-51				AV-SO-SO-52			
	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018
Data prelievo	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018
Temperatura (°C)	16	17,1	15,3	-	14,5	16,4	19,2	-

Tabella 3-47 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

Data prelievo	AV-SO-SO-51				AV-SO-SO-52			
	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018
pH (unità pH)	6,9	6,9	7	7,16	7	7,2	7	7,21
Potenziale Redox (mV)	110	91	96	207	121	69	95	204
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	5,74	5,17	5,06	5,6	8,38	5,03	3,28	5,2
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	717	671	649	700	660	509	681	697

3.13.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-SO-SO-51 e AV-SO-SO-52, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione del parametro Tetracloroetilene (un solo superamento nella prima sessione di monitoraggio, con un valore di 1,5 μg/l) presso la stazione AV-SO-SO 51.

Nella seguente **Tabella 3-48** si riporta una sintesi delle concentrazioni di Tetracloroetilene nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-48 - Risultati monitoraggi parametri

AV-SO-SO-51				
	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	05/12/2018
Tetracloroetilene (CSC 1,1 μg/l)	1,5	0,5	0,3	< 0.50

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione analizzata nel tempo, indicando i superamenti riscontrati in fase di analisi.

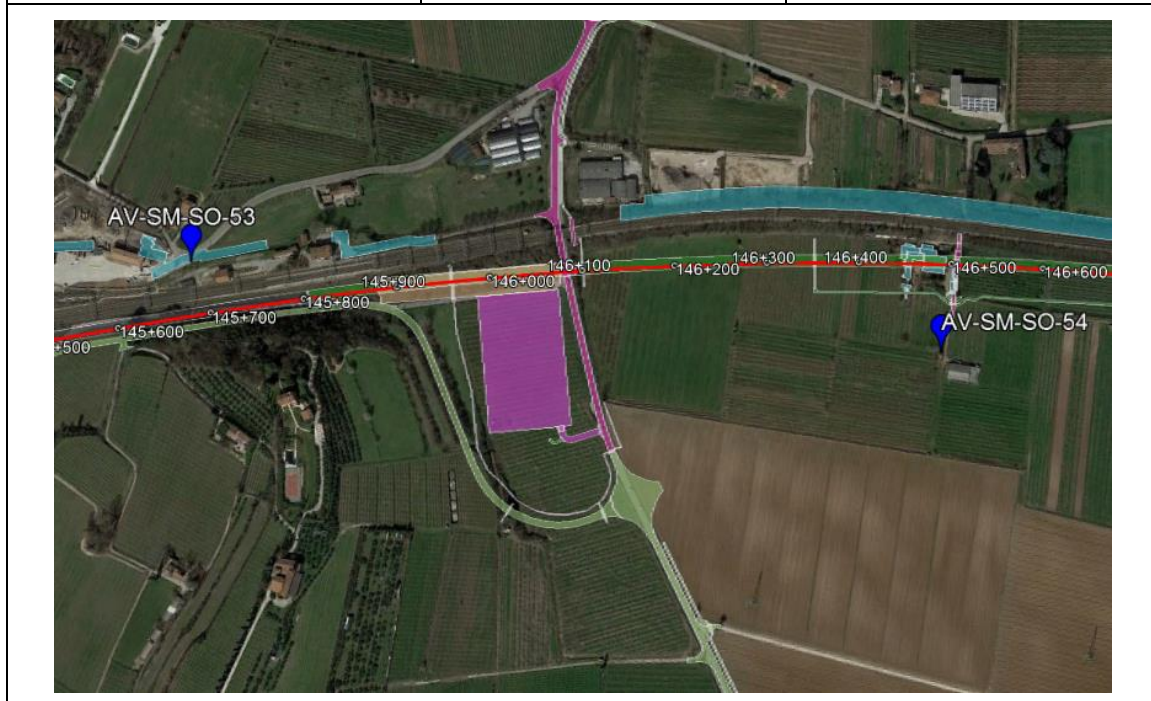
3.14. AV-SM-SO-53 (n.d.) e AV-SM-SO-54 (n.d.)

3.14.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Entrambi i piezometri in esame sono ubicati nel territorio comunale di Sommacampagna (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-56 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-SM-SO-53	AV-SM-SO-54
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto	-	-
pK	145+650	146+500
Provincia	Verona	Verona
Comune	Sommacampagna	Sommacampagna
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 644124.20	E: 644936.15
	N: 5031954.26	N: 5031969.03



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Nell'area comunale di Sona e Sommacampagna, la falda sospesa identificata tende ad assumere una direzione di flusso più o meno costante in direzione ONO-ESE, non dissimile da quella della falda principale presente in questa zona. Le falde identificate all'interno dell'anfiteatro morenico risultano isolate dalla falda principale a causa dei depositi sottoglaciali presenti nel sottosuolo, fatta eccezione per la porzione di territorio compresa fra i comuni di Sona e Sommacampagna, ove è stata identificata un'area di infiltrazione delle acque di queste falde all'interno della falda principale superficiale.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-49** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-49 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam						
Piezometro	Udm	Data rilievo				
		30/04/2018	14/05/2018	06/07/2018	18/09/2018	14/12/2018
AV-SM-SO-53 (ip:M)	m s.l.m.	asciutto	97,91	91,41	91,59	89,71
AV-SM-SO-54 (ip:V)	m s.l.m.	46,78	asciutto	47,93	49,64	asciutto
Variazione (M-V)	m	n.d.	n.d.	43,48	41,95	n.d.

La tabella mostra l'esistenza di una situazione idrogeologica instabile, con evidenti oscillazioni stagionali nei livelli freatici. Solo nelle campagne di monitoraggio di luglio e settembre 2018 sono infatti disponibili i livelli della falda in entrambi i piezometri. Considerata la sostanziale variazione di quota assoluta (con una differenza di circa 40-45 m) rilevabile dalle letture disponibili, non è possibile definire quale sia il monte e quale sia il valle tra le due sezioni considerate ed è possibile anche concludere che non si riferiscano allo stesso acquifero (come indicato anche nello studio idrogeologico).

3.14.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee. Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-57– Figura 3-58**) e di Piper (**Figura 3-59**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-50**.

Tabella 3-50 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam									
AV-SM-SO-53 e AV-SM-SO-54									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-SM-SO-53	30/04/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-SM-SO-54	30/04/2018	95,6	24,1	10	8	32	368	34
n.d.	AV-SM-SO-53	14/05/2018	26,8	5,7	12,2	1	5	132	6
n.d.	AV-SM-SO-54	14/05/2018	-	-	-	-	-	-	-
n.d.	AV-SM-SO-53	06/07/2018	82,5	20,9	7,7	5	32	342	14
n.d.	AV-SM-SO-54	06/07/2018	92,5	29,8	7,6	8	31	372	34
n.d.	AV-SM-SO-53	18/09/2018	92,8	19,5	7,3	5	30	352	8
n.d.	AV-SM-SO-54	18/09/2018	104,2	27,3	8,9	10	30	381	45
n.d.	AV-SM-SO-53	14/12/2018	82	17	6	5,2	35	343	11
n.d.	AV-SM-SO-54	14/12/2018	-	-	-	-	-	-	-

Si ricorda che solo nelle campagne di monitoraggio di luglio e settembre 2018 è stato possibile effettuare il campionamento presso entrambi i piezometri.

Figura 3-57 - Diagramma di Schoeller - AV-SM-SO-53

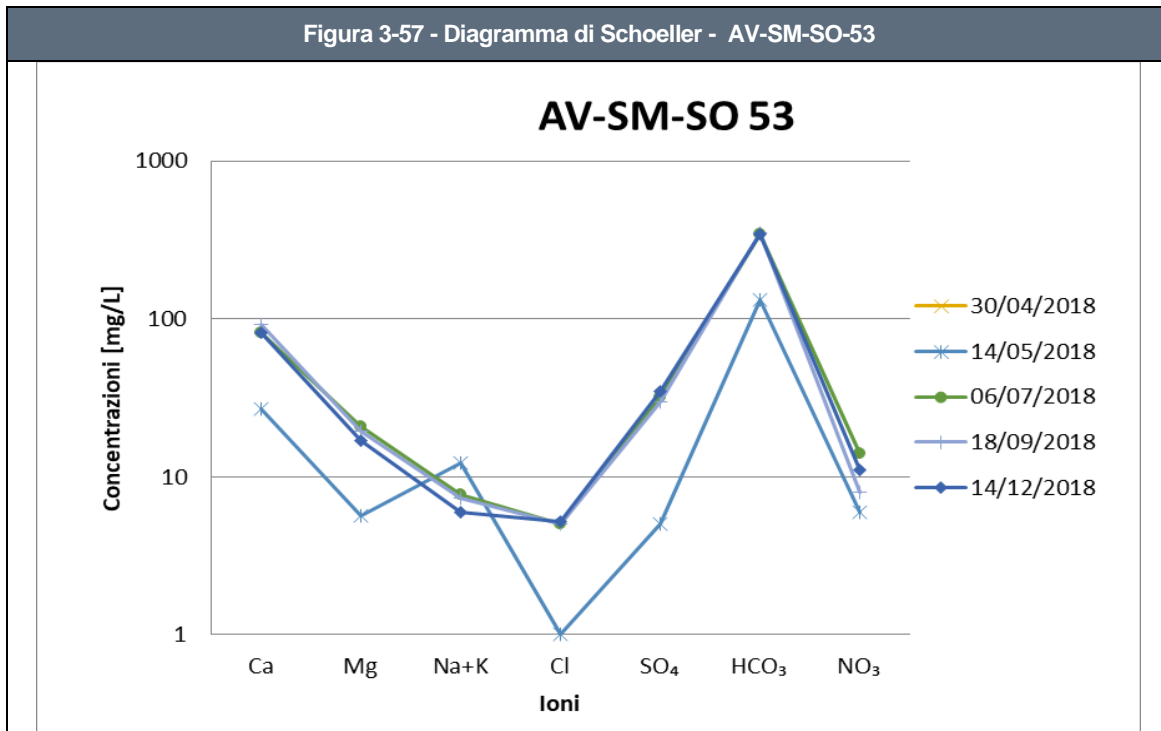
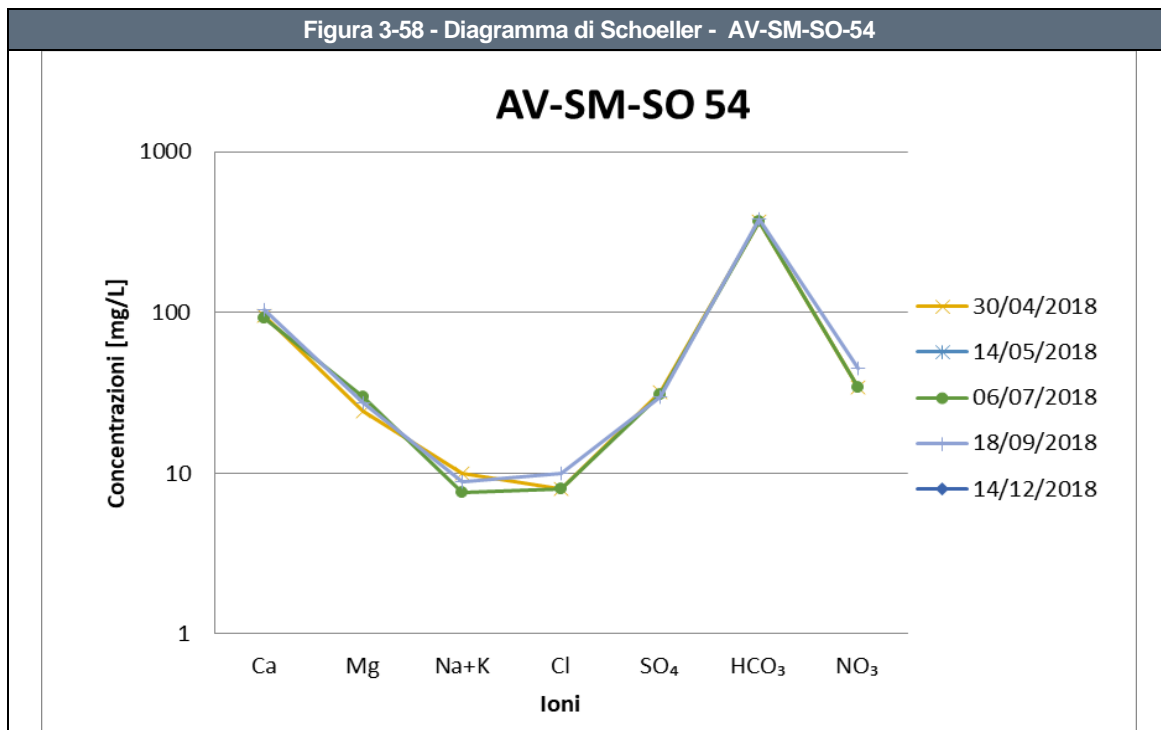


Figura 3-58 - Diagramma di Schoeller - AV-SM-SO-54



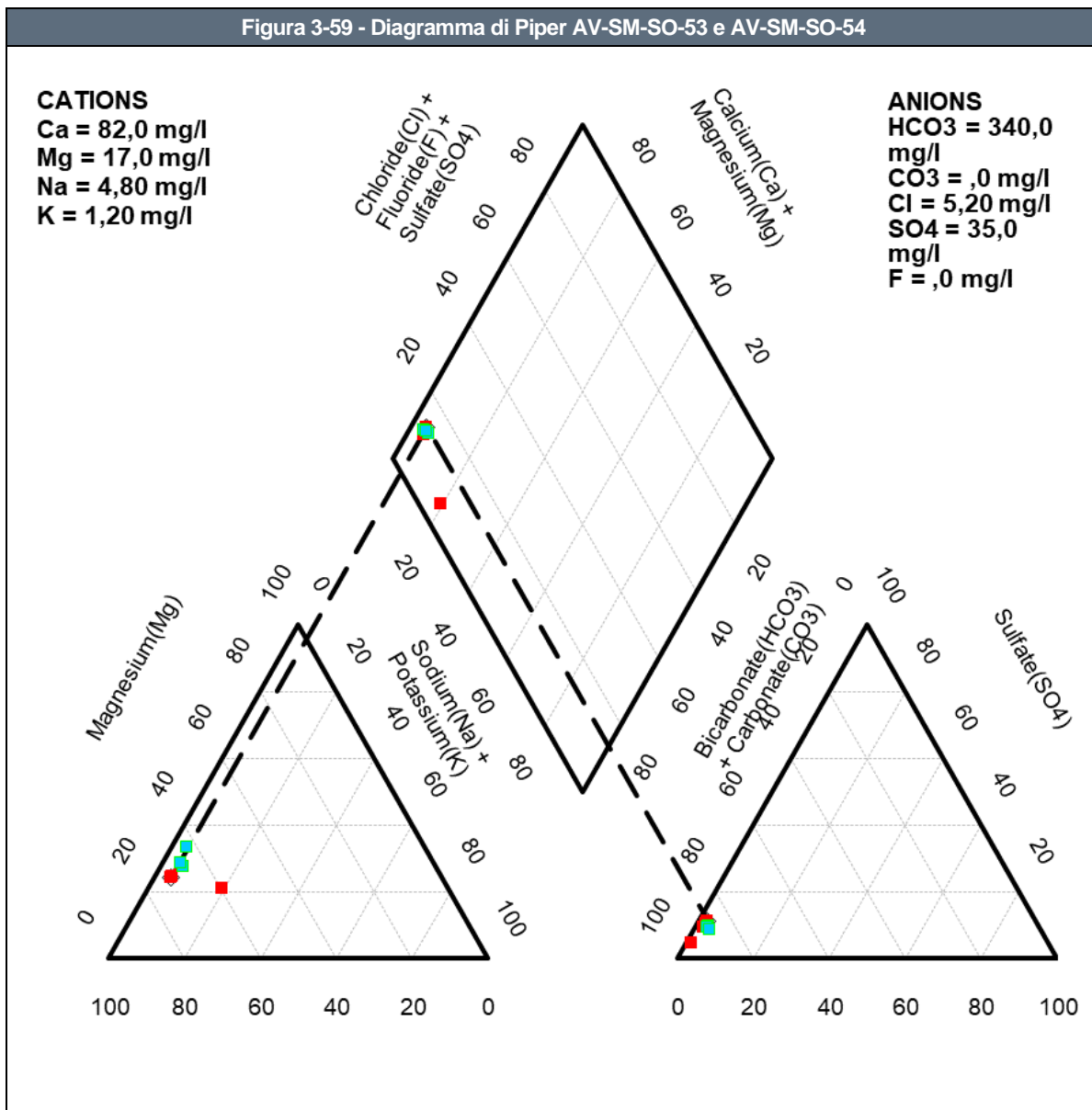
Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni di monitoraggio, si nota che essi non sono totalmente sovrapponibili. In particolare si sottolinea l'andamento anomalo della spezzata relativa alla campagna di maggio 2018 presso la stazione di monte (riconoscibile anche nel diagramma di Piper a seguire).

Di conseguenza, date le differenze tra le concentrazioni di ioni considerati e considerando anche la sostanziale differenza tra la quota assoluta indicata in **Tabella 3-49**, presso le due stazioni di monitoraggio, non è possibile definire con certezza che l'acqua analizzata provenga dallo stesso acquifero.

Ciò è deducibile anche dal Diagramma di Piper a seguire: anche se risulta che la facies caratteristica dell'acqua proveniente dai due punti sia la medesima, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato- calcica, si sottolinea come le concentrazioni dei parametri di AV-SM-SO 53 (indicate in rosso) e di AV-SM-SO 54 (in azzurro) non siano perfettamente sovrapponibili nei triangoli in basso e nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò si conclude che è possibile individuare, in questo caso, una facies "bicarbonato-calcica" per entrambi i piezometri considerati ma che non è certo che si riferiscano al medesimo acquifero.

Figura 3-59 - Diagramma di Piper AV-SM-SO-53 e AV-SM-SO-54



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-51** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam.

Come si può notare, confrontando i risultati ottenuti nelle campagne di luglio e settembre 2018 dove è stato possibile campionare entrambi i piezometri, non ci sono particolari variazioni tra le due stazioni.

Tabella 3-51 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam - parte I

	AV-SM-SO-53				
Data prelievo	30/04/2018	14/05/2018	06/07/2018	18/09/2018	14/12/2018
Temperatura (°C)	-	14,6	21,1	16	-
pH (unità pH)	-	7,7	7,5	7,1	7,45
Potenziale Redox (mV)	-	59	122	101	210
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	-	6,34	4,71	5,4	5,4
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	-	198	524	545	548

Tabella 3-51 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam - parte II

	AV-SM-SO-54				
Data prelievo	30/04/2018	14/05/2018	06/07/2018	18/09/2018	14/12/2018
Temperatura (°C)	17,2	-	18,1	17,6	-
pH (unità pH)	7,2	-	7,4	7	-
Potenziale Redox (mV)	48	-	126	115	-
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	7,48	-	5,28	6,37	-
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	624	-	629	670	-

3.14.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-SM-SO-53 e AV-SM-SO-54, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio (per maggiori dettagli si rimanda all'**Allegato 4**).

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera.

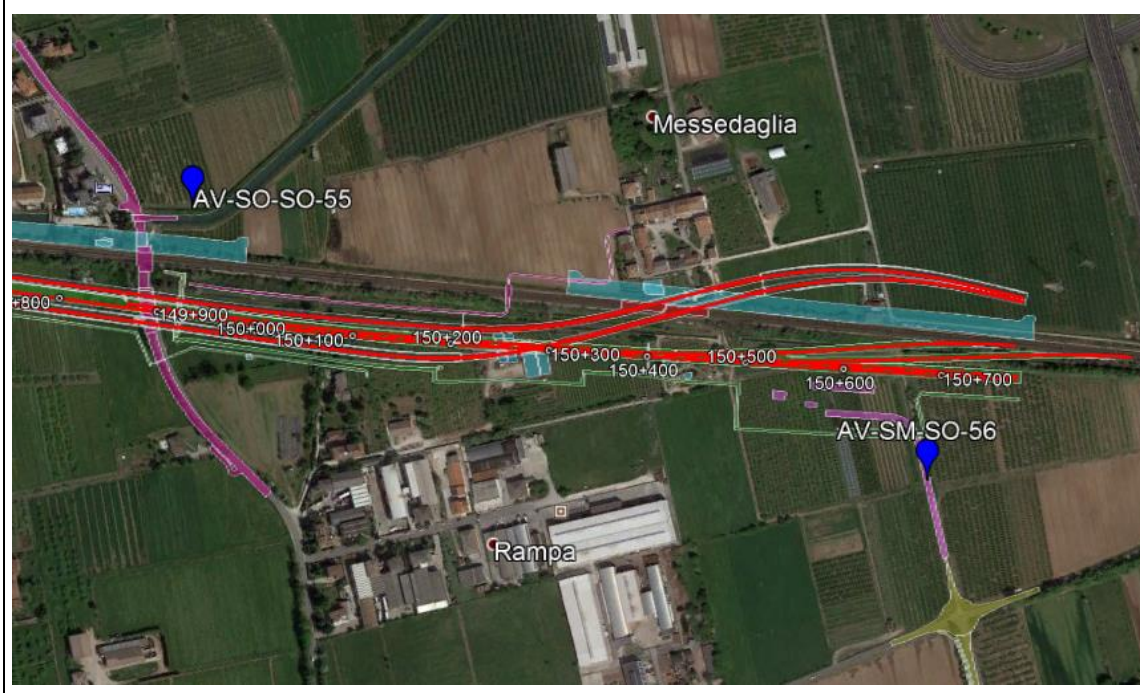
3.15. AV-SO-SO-55 (n.d.) e AV-SM-SO-56 (n.d.)

3.15.1. Inquadramento territoriale e idrogeologico - Rapporto Monte/Valle

Nel seguente paragrafo viene sinteticamente riportato l'inquadramento territoriale e idrogeologico dell'area relativo ai due punti di monitoraggio in esame, al fine di individuarne il reciproco rapporto monte/valle. Per qualunque approfondimento relativo alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e alle informazioni di dettaglio relative all'idrogeologia dell'area si rimanda alla **Sezione A**. Il piezometro AV-SO-SO-55 è ubicato nel comune di Sona (VR) e AV-SM-SO-56 si trova nel territorio comunale di Sommacampagna (VR); di seguito si riporta una sintesi delle informazioni generali disponibili e l'ubicazione dei punti.

Figura 3-60 – Informazioni territoriali e ubicazione piezometri

Codice stazione	AV-SO-SO-55	AV-SM-SO-56
Posizione	Nord	Sud
WBS di progetto pK	- 149+900	- 150+700
Provincia	Verona	Verona
Comune	Sona	Sommacampagna
Località	-	-
Aree protette	-	-
Coordinate di riferimento (UTM 32N)	E: 648357.57	E: 649130.85
	N: 5032224.68	N: 5032035.83



Dal punto di vista idrogeologico l'area si colloca nella macro zona denominata "Anfiteatro del Garda", costituito da differenti tipologie di depositi glaciali, quali depositi morenici, depositi glacio lacustri, depositi sub glaciali e depositi fluvioglaciali).

I depositi morenici risultano essere costituiti da materiale grossolano a supporto di matrice limoso sabbiosa, con più o meno abbondanti intercalazioni di livelli maldefiniti e discontinui di materiale prevalentemente fine (argille con ghiaia e ciottoli) e prevalentemente grossolano (ghiaie e ciottoli con sabbie). Tale condizione rende i cordoni morenici, in particolar modo quelli più antichi, dei corpi acquiferi "isolati", sede di falde sospese, spesso in pressione, arealmente limitate e solo localmente correlabili le une alle altre.

I depositi glacio lacustri sono costituiti essenzialmente da materiali fini (argille) con conducibilità idrauliche tali da renderli degli acquiclude e quindi di rappresentare la base di eventuali falde sospese e/o il tetto di eventuali falde confinate. I depositi fluvioglaciali risultano essere confinati lateralmente dai diversi cordoni morenici presenti, e quindi sede di falde non connesse a quelle dell'Alta Pianura Lombarda.

I depositi sub glaciali, presenti al di sotto di tutte le facies glaciali e fluvioglaciali che caratterizzano l'area dell'anfiteatro morenico, sono costituiti da materiali fini generati dalla pressione generata dal ghiacciaio in movimento, con locali intercalazioni di materiali grossolani più o meno continue e spesso non intersecanti; questi depositi, come ben osservabile dalle stratigrafie dei pozzi profondi, sono sede di falde confinate in pressione, difficilmente correlabili fra loro a grande scala.

Nell'area comunale di Sona e Sommacampagna, la falda sospesa identificata tende ad assumere una direzione di flusso più o meno costante in direzione ONO-ESE, non dissimile da quella della falda principale presente in questa zona. Le falde identificate all'interno dell'anfiteatro morenico risultano isolate dalla falda principale a causa dei depositi sottoglaciali presenti nel sottosuolo, fatta eccezione per la porzione di territorio compresa fra i comuni di Sona e Sommacampagna, ove è stata identificata un'area di infiltrazione delle acque di queste falde all'interno della falda principale superficiale.

Al fine di chiarire il rapporto idrogeologico monte/valle tra i due piezometri in esame, viste anche le considerazioni di cui sopra, si riportano nella seguente **Tabella 3-52** i risultati freaticometrici delle campagne di monitoraggio Ante Operam (AO) svolte da aprile a dicembre 2018.

Tabella 3-52 - Quota falda (m s.l.m.) dei monitoraggi per la fase di ante operam					
Piezometro	Udm	Data rilievo			
		17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018
AV-SO-SO-55 (ip:M)	m s.l.m.	46,27	47,28	51,8	70,4
AV-SM-SO-56 (ip:V)	m s.l.m.	46,04	47,08	56,4	44,9
Variazione (M-V)	m	0,23	0,2	-4,6	25,5

La tabella mostra l'esistenza di una situazione idrogeologica molto instabile, con evidenti ampie oscillazioni stagionali nei livelli freatici, non coerenti nelle diverse campagne di monitoraggio svolte. Di conseguenza, con i dati a disposizione, non è possibile definire in modo univoco il rapporto M/V per la coppia di piezometri in esame (come indicato anche nello studio idrogeologico).

3.15.2. Stato idrochimico delle acque – individuazione delle facies

Il Nucleo Tecnico dell'osservatorio ambientale del MATTM ha chiesto di eseguire una valutazione mirata dei parametri rilevati in corrispondenza dei piezometri di monte e di valle, al fine di verificare se le acque oggetto di campionamento si possano ragionevolmente riferire al medesimo corpo idrico sotterraneo.

Il confronto è stato svolto attraverso le elaborazioni grafiche dei diagrammi di Shoeller e di Piper, che costituiscono un rapido metodo grafico di caratterizzazione delle acque sotterranee in gruppi aventi caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

Gli anioni CO_3^{2-} e F^- non sono stati considerati nel calcolo poiché non sempre sono stati rilevati analiticamente, e, quando rilevati, presentano generalmente valori al di sotto della soglia di rilevanza strumentale e di conseguenza sono ritenuti poco rappresentativi.

Di seguito si riportano le configurazioni finali dei diagrammi di Shoeller (**Figura 3-61– Figura 3-62**) e di Piper (**Figura 3-63**), ottenute utilizzando i risultati analitici delle diverse campagne di monitoraggio AO e riassunti in **Tabella 3-53**.

Tabella 3-53 - Risultati monitoraggi anioni e cationi - fase di ante operam

AV-SO-SO-55 e AV-SM-SO-56									
Tipo punto	Nome	Data (AO)	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
n.d.	AV-SO-SO-55	17/04/2018	83,7	21,5	13,9	14	34	329	20
n.d.	AV-SM-SO-56	17/04/2018	84,5	18	9,8	11	33	310	23
n.d.	AV-SO-SO-55	18/06/2018	59,2	20	8,2	8	31	253	12
n.d.	AV-SM-SO-56	18/06/2018	79,6	24,5	8,3	8	32	314	23
n.d.	AV-SO-SO-55	18/09/2018	76,6	24,7	11,6	9	32	321	16
n.d.	AV-SM-SO-56	18/09/2018	82,8	22,4	10,4	9	32	316	19
n.d.	AV-SO-SO-55	14/12/2018	53	12	12,8	6	28	254	11
n.d.	AV-SM-SO-56	14/12/2018	77	20	8	7,4	33	320	22

Figura 3-61 - Diagramma di Schoeller - AV-SO-SO-55

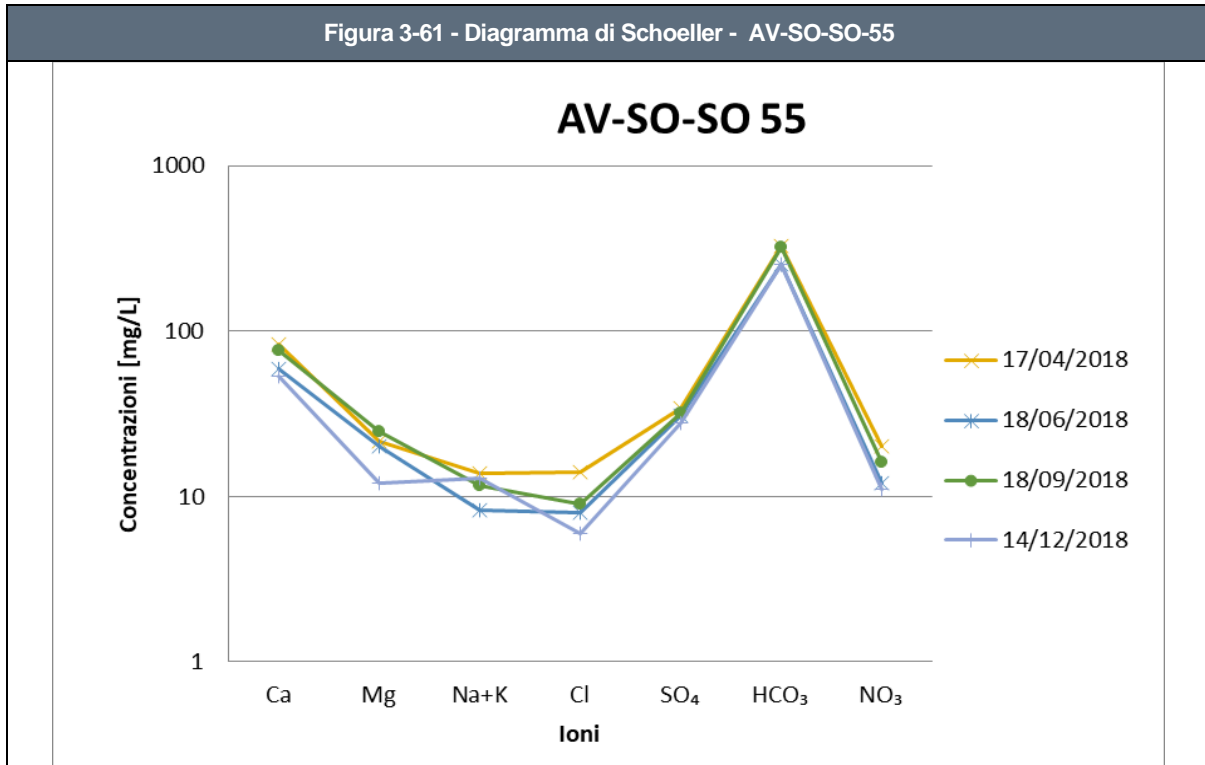
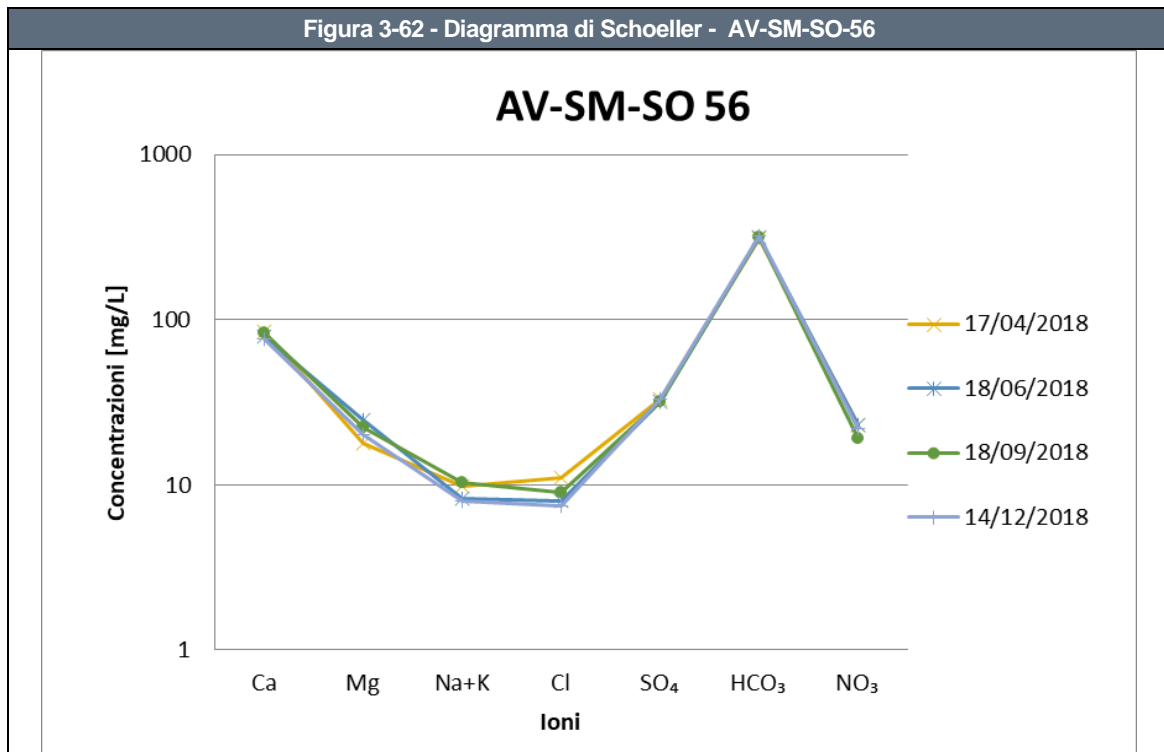


Figura 3-62 - Diagramma di Schoeller - AV-SM-SO-56



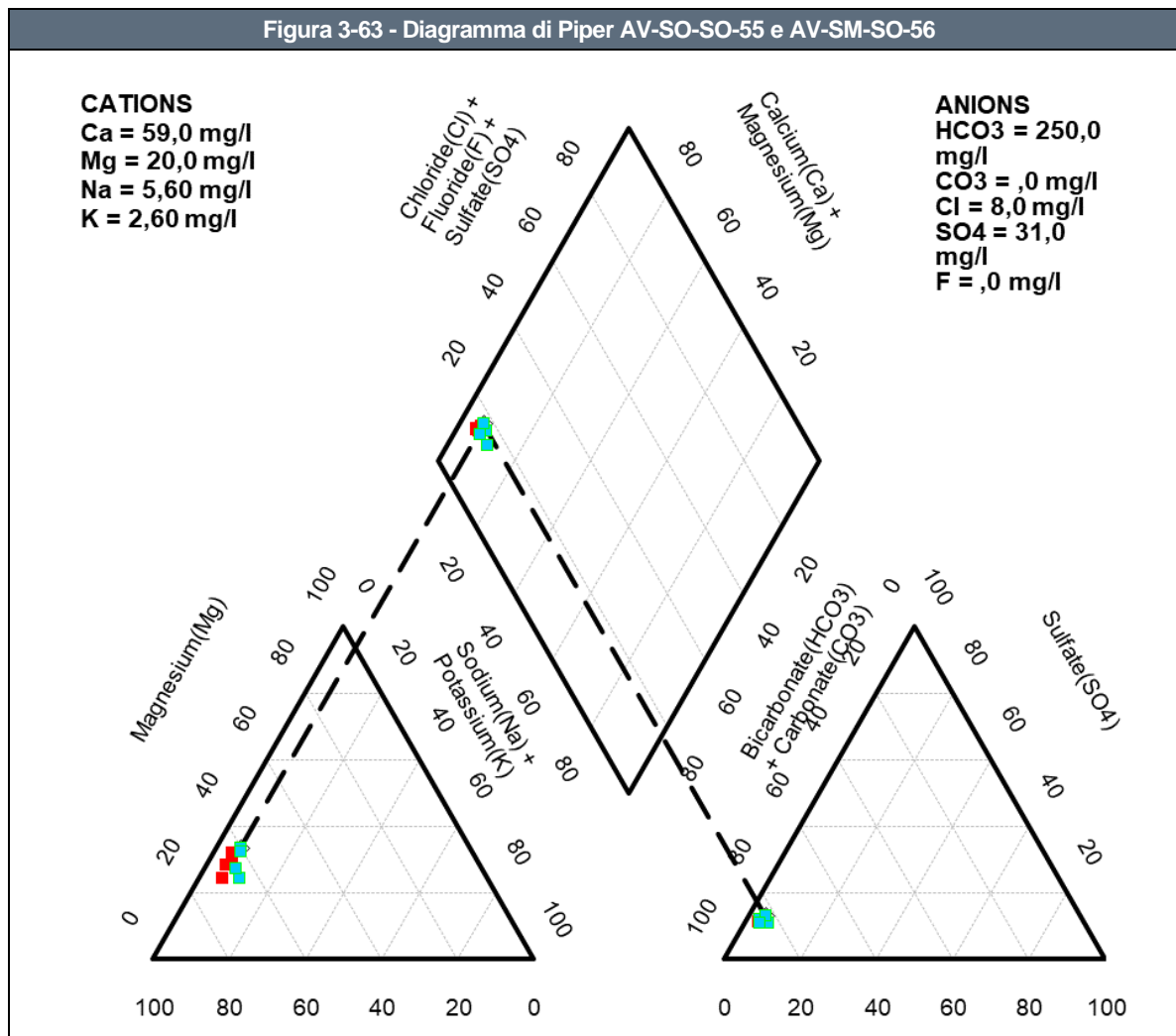
Osservando nei grafici sopra riportati la pendenza della spezzata che unisce le concentrazioni degli ioni adiacenti e confrontando gli andamenti complessivi per le due stazioni in esame, si nota che essi sono simili ma non totalmente sovrapponibili.

Dato però che le differenze nelle concentrazioni degli ioni considerati sono all'interno dello stesso ordine di grandezza si potrebbe comunque ipotizzare che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica.

Tale considerazione trova conferma anche dall'analisi del diagramma di Piper a seguire: in rosso sono riportate le concentrazioni dei parametri di AV-SO-SO-55 e in azzurro quelle di AV-SM-SO-56 e si può notare la sovrapposizione dei risultati nel rombo centrale che compone il diagramma.

Da ciò è possibile individuare, anche in questo caso, una facies "bicarbonato calcica" per entrambi i piezometri considerati.

Figura 3-63 - Diagramma di Piper AV-SO-SO-55 e AV-SM-SO-56



Infine si sintetizzano nella seguente **Tabella 3-54** i parametri chimico-fisici caratteristici dell'acqua di falda analizzata presso i due punti di monitoraggio nelle diverse campagne di monitoraggio Ante Operam. Come si può notare ci sono alcune variazioni tra i due piezometri in esame.

Tabella 3-54 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-SO-SO-55				AV-SM-SO-56			
	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018
Data prelievo	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018
H falda	39,16	38,15	36,10	-	37,44	36,40	34,42	-
Temperatura (°C)	16,6	17,5	16,9	-	16,5	18,8	17,1	-
pH (unità pH)	7	7,2	7,1	7,4	6,9	7,2	7,1	7,51

Tabella 3-54 - Risultati monitoraggi parametri chimico fisici - fase di ante operam

	AV-SO-SO-55				AV-SM-SO-56			
	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018
Data prelievo								
Potenziale Redox (mV)	104	73	107	210	110	59	111	211
Ossigeno disciolto (O ₂) (mg/l)	5,05	6,66	6,56	5,2	5,49	4,13	5,11	5,4
Conducibilità elettrica specifica (μS/cm a 20°C)	582	442	540	439	547	540	541	549

3.15.3. Stato di contaminazione

La valutazione dello stato di contaminazione dell'acqua di falda relativa all'area circoscritta ai punti AV-SO-SO-55 e AV-SM-SO-56, si basa sui risultati delle analisi condotte nelle diverse campagne di monitoraggio della fase di Ante Operam.

Tali risultati sono confrontati con i limiti normativi per le acque sotterranee (D.Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5, Tab.2 e successivi aggiornamenti) e, per tale coppia di piezometri, le concentrazioni dei parametri analizzati sono risultate inferiori ai limiti normativi ad eccezione dei parametri Ferro e Clorometano, registrando un solo superamento nell'ultima sessione di monitoraggio (con un valore rispettivamente di 224 μg/l e 6 μg/l) presso la sola stazione AV-SO-SO 55.

Nella seguente **Tabella 3-55** si riporta una sintesi delle concentrazioni di Ferro e Clorometano nelle n.4 sessioni di monitoraggio, evidenziando il superamento registrato (per i risultati dell'analisi completa si rimanda all'**Allegato 4**).

Tabella 3-55 - Risultati monitoraggi parametri

AV-SO-SO-55				
	17/04/2018	18/06/2018	18/09/2018	14/12/2018
Ferro (CSC 200 μg/l)	< 20	< 20	< 20	224
Clorometano (CSC 1,5 μg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	6

Il confronto tra le concentrazioni rilevate nei piezometri, con specifico riferimento ad eventuali superamenti dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/06 per le acque sotterranee, consentirà anche di verificare eventuali contributi alla contaminazione in fase di realizzazione dell'opera. Nelle rappresentazioni grafiche in **Allegato 3** si rappresenta la distribuzione spaziale della contaminazione analizzata nel tempo, indicando i superamenti riscontrati in fase di analisi.

4. CONCLUSIONI

Lo studio idrochimico descritto nella presente relazione è stato elaborato sulla base dei risultati analitici per la matrice acque sotterranee ottenuti dalle campagne di monitoraggio svolte in fase AO e CO, presso le stazioni di misura ricadenti nella LC1 – MB10-MA10 (dal pK 110+550 al pK 129+820, provincia di Brescia), nella LC2 – MB20-MA20 (dal pK 105+384 al pK 110+550, provincia di Brescia) e nella LC1 – Veneto - MB10-MA10 (dal km 129+820 al km 150+780, provincia di Verona), nella tratta interessata dalla costruenda Linea ferroviaria AV/AC Torino-Venezia, tratta Milano-Verona, lotto funzionale Brescia-Verona.

Tra gli obiettivi del presente studio, sulla base anche delle conclusioni raggiunte nello Studio Idrogeologico (**Sezione A**) è quello di indicare in modo univoco il rapporto di monte/valle tra le coppie/triangolazioni di piezometri presenti nella zona di studio bresciana e veronese.

Dopo aver stabilito la correlazione tra i diversi piezometri, la principale finalità del lavoro è quella di definire se le acque campionate, presso i diversi piezometri, provengono da circuiti affini, attraverso le elaborazioni ottenute con i diagrammi di Schoeller e di Piper. Ove ciò non è stato possibile, si è definito quale/i piezometro/i è stato considerato come punto “singolo”. Tali stazioni presentano una distanza dall’opera idonea per procedere con il monitoraggio singolo nelle fasi AO-CO e AO-PO (Post Operam).

Infine, si è svolta una breve analisi sullo stato di contaminazione rilevato durante le diverse campagne di monitoraggio.

Di seguito si riassumono, per ogni coppia/triangolazione di piezometri presenti lungo la tratta di interesse, in Lombardia e in Veneto, i principali risultati ottenuti.

4.1. Riepilogo risultati – Piezometri Regione Lombardia

- **AV-DE-SO-01 (Valle), AV-DE-SO-02 (Valle) e AV-DE-SO-03 (Monte)**

Dal confronto freaticometrico è emerso il piezometro AV-DE-SO-03 mostra sempre un livello piezometrico più elevato, trattandosi quindi del piezometro di monte rispetto a AV-DE-SO-01 e AV-DE-SO-02 definibili piezometri di valle. Inoltre, dal punto di vista idrogeologico, la direzione di falda locale è OSO-ENE, quindi è ragionevole considerare i rapporti monte/valle come sopra indicato.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un’acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall’analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono stati rilevati superamenti per il parametro Manganese (Mn) nella stazione di valle AV-DE-SO-01 nella prima campagna di monitoraggio (62 µg/l) (non più rilevato nelle campagne successive) e del parametro Ferro (Fe) nel medesimo piezometro nell'ultima campagna.

- **AV-CA-SO-14 (monte) e AV-CA-SO-15 (valle)**

Dal confronto freaticometrico è emerso che il piezometro AV-CA-SO-14 è identificabile come punto di monte e AV-CA-SO-15 come punto di valle, confermato anche dallo studio idrogeologico.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni. Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-CA-SO-16 (n.d.) e AV-CA-SO-17 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, data la sostanziale variazione di quota assoluta (con una differenza di circa 20-25 m) rilevabile dalle letture disponibili, non è possibile definire quale sia il monte e quale sia il valle tra le due sezioni considerate ed è possibile anche ipotizzare che non si riferiscano allo stesso acquifero (come indicato anche nella Sezione A).

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere con certezza che si tratti di acque provenienti da circuiti affini in quanto sono presenti alcune differenze di concentrazione non trascurabili tra i parametri analizzati.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, è stato riscontrato un unico superamento per il parametro Manganese (Mn) per la stazione di valle nella prima campagna di monitoraggio (125 µg/l); tale valore non è stato rilevato nelle campagne successive.

- **AV-LO-SO-18 (monte) e AV-CA-SO-19 (valle)**

Dal confronto freaticometrico, è possibile considerare il piezometro AV-LO-SO-18 come stazione di monte e AV-CA-SO-19 di valle, confermando i risultati dello studio idrogeologico.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-LO-SO-20 (n.d.) e AV-LO-SO-21 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, si potrebbe considerare il piezometro AV-LO-SO-20 come stazione di monte e AV-LO-SO-21 di valle. Analizzando però lo studio idrogeologico, emerge chiaramente che tali stazioni sono ubicate sulla medesima isopiezometrica e di conseguenza non è possibile definire quale sia il rapporto M/V tra essi.

Ciò trova conferma anche dall'analisi idrochimica: osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere con certezza che si tratti di acque provenienti da circuiti affini in quanto sono presenti alcune differenze di concentrazione non trascurabili tra i parametri analizzati.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, si segnalano frequenti superamenti a carico del parametro Tetracloroetilene, con concentrazioni maggiori presso AV-LO-SO-21 rispetto a AV-LO-SO-20.

- **AV-LO-SO-22 (n.d.) e AV-LO-SO-23 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che la differenza tra l'unica lettura dei livelli di falda disponibile è molto elevata, tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle e da permettere di ipotizzare che la coppia di piezometri in esame non si riferisca allo stesso acquifero. Dallo studio idrogeologico, a conferma di quanto detto sopra, emerge che i due piezometri si riferiscono a falde sospese differenti.

Inoltre, il piezometro AV-LO-SO-23 è sempre risultato asciutto o con un battente idrico non sufficiente ad effettuare un campionamento dinamico. Per tale motivo non è stato possibile procedere ad un'analisi dei dati idrochimici e confrontare le due stazioni considerate.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, per il piezometro AV-LO-SO-22 non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio; non è tuttavia possibile fare un confronto tra le due stazioni di monitoraggio per individuare possibili contributi da parte del sito ad eventuali stati di contaminazione.

- **AV-DE-SO-24 (n.d.) e AV-DE-SO-25 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che i livelli statici delle stazioni di monte e di valle risultano essere molto simili e tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle, collocandosi in una zona idrogeologica non chiara e confermando i risultati ottenuti nella Sezione A.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere con certezza che si tratti di acque provenienti da circuiti affini in quanto sono presenti alcune differenze di concentrazione non trascurabili tra i parametri analizzati. Non si sono riscontrate particolari differenze tra i parametri chimico fisici analizzati.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-DE-SO-26 (n.d.) e AV-DE-SO-27 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, sarebbe possibile considerare il piezometro AV-DE-SO-27 come punto di monte e AV-DE-SO-26 come stazione di valle ma dall'analisi dello studio idrogeologico emerge chiaramente che tali stazioni sono ubicate sulla medesima isopiezometrica e di conseguenza non è possibile definire quale sia il rapporto M/V tra essi.

Dai risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-DE-SO-28 (monte) e AV-DE-SO-29 (valle)**

Dal confronto freaticometrico, è possibile considerare il piezometro AV-DE-SO-28 come punto di monte e AV-DE-SO-29 come stazione di valle, a conferma anche dei risultati ottenuti nella Sezione A.

Osservando però i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere con certezza che si tratti di acque provenienti da circuiti affini in quanto sono presenti alcune differenze di concentrazione non trascurabili tra i parametri analizzati. Ciò trova riscontro anche nell'analisi dei parametri chimico fisici, in particolare Potenziale redox e Ossigeno disciolto, tra i quali sussistono alcune differenze.

È possibile quindi concludere che dal punto di vista idrogeologico i due piezometri si riferiscono al medesimo acquifero ma sono caratterizzati da proprietà idrochimiche differenti. Si propone quindi di eseguire il Test con traccianti.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono emersi frequenti superamenti per la stazione di valle AV-DE-SO-29 a carico dei parametri Arsenico, Ferro e Manganese.

- **AV-DE-SO-30 (n.d.) e AV-DE-SO-31 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che la differenza tra l'unica lettura dei livelli di falda disponibile è molto elevata, tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle e da permettere di ipotizzare che la coppia di piezometri in esame non si riferisca allo stesso acquifero.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono emersi superamenti a carico del parametro Manganese (Mn) per la stazione di monte in tutte le campagne di monitoraggio.

- **AV-DE-SO-32 (monte) e AV-DE-SO-33 (valle)**

Dal confronto freaticometrico, è possibile considerare il piezometro AV-DE-SO-32 come punto di monte e AV-DE-SO-33 come punto di valle, a conferma anche dei risultati ottenuti nella Sezione A.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per il parametro Conducibilità elettrica.

È possibile quindi concludere che dal punto di visto idrogeologico i due piezometri si riferiscono al medesimo acquifero ma sono caratterizzati da proprietà idrochimiche differenti. Si propone quindi di eseguire il Test con traccianti.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono emersi superamenti a carico del parametro Manganese (Mn) per la stazione di valle nella seconda campagna di monitoraggio (61 µg/l); tale superamento non è stato rilevato nelle campagne successive.

- **AV-DE-SO-34 (n.d.) e AV-PZ-SO-35 (n.d.)**

Dai monitoraggi effettuati si nota che le variazioni tra la stazione di monte e quella di valle risultano essere molto significative e tali da non poter considerare tali piezometri appartenenti allo stesso circuito idrico. Di conseguenza, come indicato anche nello studio idrogeologico, non è possibile definire il reciproco rapporto M/V.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per il parametro Conducibilità elettrica.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono emersi superamenti a carico dei parametri arsenico e manganese per la stazione di monte AV-PZ-SO-35 e 1,2-dicloropropano per la stazione di valle AV-DE-SO-34 nella seconda campagna di monitoraggio (0,26 µg/l); tale valore non è stato rilevato nelle campagne successive.

- **AV-MZ-SO-58 (n.d.) e AV-MZ-SO-59 (n.d.)**

Dai monitoraggi effettuati si può ipotizzare che il piezometro AV-MZ-SO-58 sia il punto di monte e AV-MZ-SO-59 è di valle. Dallo studio idrogeologico risulta però che tali piezometri non sono allineati lungo la stessa direzione di flusso e non è possibile definire il rapporto M/V.

Dall'analisi dai diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Ossigeno disciolto e Potenziale redox.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono emersi superamenti a carico dei parametri Triclorometano per la stazione AV-MZ-SO-58 nella seconda campagna di monitoraggio (0,26 µg/l, tale valore non è stato rilevato nelle campagne successive) e Manganese per la stazione AV-MZ-SO-59 in tutte le campagne eseguite ad eccezione di quella svolta a settembre 2018.

- **AV-CA-SO-60 (n.d.) e AV-CA-SO-61 (n.d.)**

Il piezometro AV-CA-SO-60 è sempre risultato asciutto (tempi di ricarica lunghi) per cui non è mai stato possibile rilevare il livello di falda né effettuare uno spurgo dinamico e successivo campionamento. Di conseguenza non è stato possibile determinare il monte e il valle tra questi due piezometri né proporre alcuna considerazione in merito alle caratteristiche chimiche delle acque intercettate.

- **AV-LO-SO-62 SUP (n.d.) e AV-LO-SO-63 SUP (n.d.)**

Dai monitoraggi effettuati, si nota che i livelli di falda presentano variazioni stagionali e le differenze ottenute tra i livelli di quota delle due stazioni sono significative; si può quindi ipotizzare che esse non si riferiscono al medesimo acquifero e, come confermato anche dallo

studio idrogeologico, non è possibile definire il rapporto M/V poiché tali stazioni si trovano sulla medesima isopiezometrica.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per la Conducibilità elettrica.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-LO-SO-62 PROF (n.d.) e AV-LO-SO-63 PROF (n.d.)**

Dai monitoraggi effettuati, si potrebbe classificare il piezometro AV-LO-SO-62_PROF come punto di monte e del AV-LO-SO-63_PROF come punto di valle. Dall'analisi dello studio idrogeologico però emerge che tali punti sono ubicati sulla medesima isopiezometrica e di conseguenza non è possibile definire il rapporto M/V.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono stati rilevati frequenti superamenti per il parametro Tetracloroetilene, in concentrazioni maggiori presso AV-LO-SO-63_PROF e un unico superamento per il parametro Ferro, nella prima campagna di monitoraggio CO, presso AV-LO-SO-63_PROF.

4.2.Riepilogo risultati – Piezometri Regione Veneto

- **AV-PE-SO-04 (n.d.), AV-PE-SO-05 (n.d.), AV-PE-SO-09 (n.d.) e AV-PE-SO-57 (n.d.)**

In tal caso non si sono riportate le variazioni dei livelli di quota di falda confrontando coppia a coppia poiché tali dati non sono confrontabili, dato che i quattro piezometri sono ubicati in una zona idrogeologicamente molto complessa, con direzioni di flusso discordanti. Di conseguenza non è stato possibile chiarire il rapporto M/V tra essi.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper si nota che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Potenziale Redox e Ossigeno disciolto.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono stati rilevati frequenti superamenti a carico dei parametri Manganese e ferro, soprattutto presso i piezometri AV-PE-SO-09 e AV-PE-SO-57, un solo superamento per il parametro Nichel presso AV-PE-SO-09 e un solo superamento per il parametro Arsenico presso AV-PE-SO-57, che non si sono più verificati nelle successive campagne di monitoraggio.

- **AV-PE-SO-06 (n.d.), AV-PE-SO-07 (n.d.), AV-PE-SO-08 (n.d.) e AV-PE-SO-40 (n.d.)**

In tal caso non si sono riportate le variazioni dei livelli di quota di falda confrontando coppia a coppia poiché tali dati non sono confrontabili, dato che i quattro piezometri sono ubicati in una zona idrogeologicamente molto complessa, con direzioni di flusso discordanti. Di conseguenza non è stato possibile chiarire il rapporto M/V tra essi.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper si nota che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Potenziale Redox e Ossigeno disciolto.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono stati rilevati frequenti superamenti a carico dei parametri Manganese e Ferro, per tutte le sessioni di monitoraggio presso il AV-PE-SO-06.

- **AV-SO-SO-10 (n.d.) e AV-SO-SO-11 (n.d.)**

Dai monitoraggi effettuati è ipotizzabile che il piezometro AV-SO-SO-11 sia il punto di monte e AV-SO-SO-10 sia il punto di valle. Dallo studio idrogeologico emerge però che per tali due stazioni non è definibile il rapporto M/V poiché sono ubicate sulla medesima linea isopiezometrica.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper si nota che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Ossigeno disciolto.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-SO-SO-12 (n.d.) e AV-SO-SO-13 (n.d.)**

Dai monitoraggi effettuati si nota l'elevata instabilità delle letture fratimetriche, tali da poter ipotizzare che le due stazioni si riferiscano a differenti acquiferi e che non è significativo

ipotizzare il rapporto M/V. Tali piezometri sono ubicati a notevole distanza ed entrambi a sud del tracciato di progetto.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Potenziale redox e Ossigeno Disciolto.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, sono stati rilevati frequenti superamenti per i parametri Ferro (un solo superamento nell'ultima sessione di monitoraggio) e Manganese (due superamenti nelle prima campagne di monitoraggio).

- **AV-PE-SO-36 PROF (monte) e AV-PZ-SO-37 PROF (valle)**

Dai monitoraggi effettuati si nota che, sebbene la differenza tra i livelli piezometrici sia piuttosto significativa, vista la ricostruzione piezometrica fatta nell'ambito dello studio idrogeologico e la marcata analogia delle acque dal punto di vista idrochimico, si ritiene che i due piezometri in esame possano essere considerati come monte e valle idrogeologico. In particolare si indica il piezometro AV-PE-SO-36_PROF come punto di monte e AV-PE-SO-37_PROF come punto di valle.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, in corrispondenza della stazione di monte AV-PE-SO-36_PROF sono stati riscontrati superamenti per il Ferro in n.2 campagne di monitoraggio e per il parametro Manganese solo nella prima campagna di aprile 2018; presso il punto di valle AV-PZ-SO-37_PROF, la concentrazione di Manganese è sempre risultata al di sopra dei limiti normativi.

- **AV-PZ-SO-37 SUP (Monte) e AV-PE-SO-36 SUP (Valle)**

Dal confronto freaticometrico, è risultato che il piezometro AV-PE-SO-36 SUP è quasi sempre risultato asciutto tranne nella quarta campagna e si ritiene possibile indicare il piezometro AV-PE-SO-37 SUP come punto di monitoraggio di monte e AV-PE-SO-36 SUP come punto di monitoraggio di valle, anche in base alle considerazioni idrogeologiche. Considerando che però il piezometro AV-PE-SO-36 SUP non è mai stato campionabile, non è stato possibile effettuare il confronto M/V tra le due stazioni in esame.

- **AV-PE-SO-38 (monte) e AV-PE-SO-39 (valle)**

Dal confronto freaticometrico, è possibile considerare il piezometro AV-PE-SO-38 come punto di monte e AV-PE-SO-39 come punto di valle.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Potenziale redox e Conducibilità elettrica.

È possibile quindi concludere che dal punto di vista idrogeologico i due piezometri si riferiscono al medesimo acquifero ma sono caratterizzati da proprietà idrochimiche differenti. Si propone quindi di eseguire il Test con traccianti.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-PE-SO-41 (n.d.) e AV-PE-SO-42 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che i livelli statici delle stazioni di monte e di valle risultano essere non coerenti nelle diverse campagne di monitoraggio e tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle. Ciò è confermato anche dallo studio idrogeologico.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Potenziale redox nel primo campionamento.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, si sono verificati i seguenti superamenti: presso il piezometro di monte AV-PE-SO 41 per il parametro Arsenico, in n.3 campagne di monitoraggio; presso il piezometro AV-PE-SO 42, il parametro Benzo(a)pirene, è risultato di poco superiore al limite normativo nell'ultima campagna di monitoraggio e in entrambi i piezometri sono risultati dei superamenti a carico del parametro Manganese.

- **AV-CN-SO-43 (n.d.) e AV-CN-SO-44 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che i livelli statici delle stazioni di monte e di valle risultano essere non coerenti nelle diverse campagne di monitoraggio e tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle. Ciò è confermato anche dallo studio idrogeologico.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, si sono verificati i seguenti superamenti: in entrambi i piezometri sono risultati dei superamenti a carico del parametro Benzo(a)pirene nell'ultima sessione di monitoraggio; il parametro Manganese è risultato di poco superiore al limite normativo nella prima campagna di monitoraggio presso il punto AV-CN-SO-44.

- **AV-CN-SO-45 (monte) e AV-CN-SO-46 (valle)**

Dal confronto freaticometrico, si potrebbe considerare il piezometro AV-CN-SO-45 come punto di monte e AV-CN-SO-46 come punto di valle (si ritiene comunque utile approfondire tale considerazione con i dati delle future sessioni di monitoraggio).

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per il parametro Conducibilità elettrica.

È possibile quindi concludere che dal punto di visto idrogeologico i due piezometri si riferiscono al medesimo acquifero ma sono caratterizzati da proprietà idrochimiche differenti. Si propone quindi di eseguire il Test con traccianti.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, si sono verificati superamenti per i parametri Ferro (che mostra un superamento nella prima sessione di monitoraggio) e Manganese (che presenta superamenti per tutte le campagne eseguite) solo presso il piezometro di monte.

- **AV-CN-SO-47 (n.d.) e AV-CN-SO-48 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che i livelli statici delle stazioni di monte e di valle risultano essere non coerenti nelle diverse campagne di monitoraggio e tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle (confermato anche dallo studio idrogeologico).

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-SO-SO-49 (n.d.) e AV-SO-SO-50 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, data la sostanziale variazione di quota assoluta (con una differenza di circa 22-23 m) rilevabile dalle letture disponibili, non è possibile definire quale sia il monte e quale sia il valle tra le due sezioni considerate ed è possibile anche concludere che non si riferiscano allo stesso acquifero.

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini; ciò trova riscontro anche nelle differenze riscontrate dai parametri chimico fisici, in particolare per i parametri Potenziale redox e Conducibilità elettrica.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, si sono verificati superamenti per i parametri Ferro e Benzo(a)pirene presso il piezometro AV-SO-SO-49, nell'ultima sessione di monitoraggio e per il parametro Arsenico nelle sessioni di monitoraggio di giugno e settembre 2018 presso il piezometro AV-SO-SO-50.

- **AV-SO-SO-51 (n.d.) e AV-SO-SO-52 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che i livelli statici delle stazioni risultano essere non coerenti nelle diverse campagne di monitoraggio e tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle (come indicato anche nello studio idrogeologico).

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, si è verificato un solo superamento per il parametro Tetracloroetilene, nella prima sessione di monitoraggio, presso la stazione AV-SO-SO 51.

- **AV-SM-SO-53 (n.d.) e AV-SM-SO-54 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che la differenza tra le quote assolute dei livelli di falda sono molto elevate, tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle e da permettere di ipotizzare che la coppia di piezometri in esame non si riferisca allo stesso acquifero (come indicato anche nello studio idrogeologico).

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper emerge che la facies è la medesima per entrambi i punti di monitoraggio, ovvero un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica, ma non è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, non è stato rilevato alcun superamento, per nessun parametro analizzato e in nessuna sessione di monitoraggio.

- **AV-SO-SO-55 (n.d.) e AV-SM-SO-56 (n.d.)**

Dal confronto freaticometrico, emerge che i livelli statici delle stazioni risultano essere non coerenti nelle diverse campagne di monitoraggio e tali da non poter definire in modo univoco quale è il monte e quale il valle (come indicato anche nello studio idrogeologico).

Osservando i risultati ottenuti con i diagrammi di Shoeller e di Piper è possibile concludere che si tratti di acque provenienti da circuiti affini e, in particolare, di un'acqua a dominanza bicarbonato-calcica; ciò trova conferma anche dall'analisi dei parametri chimico fisici che non presentano particolari variazioni.

Infine, relativamente allo stato di contaminazione, si sono verificati superamenti per i parametri Ferro e Clorometano, registrando un solo superamento nell'ultima sessione di monitoraggio presso la sola stazione AV-SO-SO 55.

SEZIONE C

1. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella presente sezione si riassumono le considerazioni finali elaborate negli studi idrogeologico e idrochimico, al fine di raggiungere una definizione univoca delle caratteristiche dei piezometri presenti nel territorio di interesse.

Nelle tabelle successive si riporta in modo chiaro e schematico le conclusioni a cui si è giunti, riportando per ciascun piezometro o coppia di piezometri la tipologia di monitoraggio prevista (definita al §1.6), l'ubicazione idrogeologica (rapporto monte/valle nelle coppie di piezometri rispetto alla linea) e le osservazioni svolte per raggiungere tali risultati.

Tabella 1-1 – Considerazioni finali			
LOMBARDIA			
Piezometro	TIPO DI MONITORAGGIO PROPOSTO	UBICAZIONE IDROGEOLOGICA	CONSIDERAZIONI FINALI
AV-MZ-SO-58	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti non sono allineati lungo la stessa direzione di flusso e non è possibile affermare che si riferiscano allo stesso acquifero. In considerazione di un marcato apporto sotterraneo e di locali variazioni dell'andamento piezometrico, possono essere considerati come Coppia B
AV-MZ-SO-59	Strumento singolo	Valle	
AV-MZ-SO-58	Coppia B	Monte	
AV-MZ-SO-59		Valle	
AV-CA-SO-60	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti non sono allineati lungo la stessa direzione di flusso e AV-CA-SO-60 è sempre risultato asciutto quindi non campionabile. Di conseguenza non è stato possibile svolgere il confronto idrochimico
AV-CA-SO-61	Strumento singolo	Valle	
AV-CA-SO-14	Coppia A	Monte	I due strumenti sono allineati lungo la stessa direzione di flusso e si può affermare che si riferiscano a circuiti affini
AV-CA-SO-15		Valle	
AV-CA-SO-17	Strumento singolo	Valle	Gli strumenti AV-CA-SO-17 e AV-CA-SO-16 monitorano corpi idrici differenti. Si propone di inserire nel PMA lo strumento 3SN061 (che risulterebbe di valle rispetto a AV-CA-SO-16), da verificare congruenza idrochimica
AV-CA-SO-16	Punto piezometrico	Monte	
AV-CA-SO-16	Coppia A-(B)	Monte	
3SN061		Valle	
AV-LO-SO-18	Coppia A	Monte	I due strumenti sono allineati lungo la stessa direzione di flusso e si può affermare che si riferiscono a circuiti affini
AV-CA-SO-19		Valle	

Tabella 1-1 – Considerazioni finali

Piezometro	TIPO DI MONITORAGGIO PROPOSTO	UBICAZIONE IDROGEOLOGICA	CONSIDERAZIONI FINALI
AV-LO-SO-20	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e non è possibile affermare che si riferiscano a circuiti affini
AV-LO-SO-21	Strumento singolo	Valle	
AV-LO-SO-62_PROF	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e si riferiscono a circuiti affini
AV-LO-SO-63_PROF	Strumento singolo	Valle	
AV-LO-SO-62_SUP	Punto piezometrico	Monte	Non è possibile definire una direzione univoca di flusso né indicare che si riferiscano a circuiti affini
AV-LO-SO-63_SUP	Strumento singolo	Valle	
AV-LO-SO-22	Punto piezometrico Strumento singolo	-	I due strumenti monitorano corpi idrici differenti e AV-LO-SO 23 è risultato non campionabile. Di conseguenza non è stato possibile svolgere il confronto idrochimico. Possono essere considerati strumenti singoli nel caso di possibilità di campionamento
AV-LO-SO-23	Punto piezometrico Strumento singolo	-	
AV-DE-SO-24	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e non è possibile definire che si riferiscano a circuiti affini
AV-DE-SO-25	Punto piezometrico	Monte	
AV-DE-SO-03	Coppia A	Monte	Gli strumenti AV-DE-SO-03 e AV-DE-SO-02 sono allineati lungo la stessa direzione di flusso, anche se non intercettano acque interferenti con la linea; nel caso di variazioni locali dell'andamento di falda si possono considerare come Coppie B i piezometri AV-DE-SO-02 e AV-DE-SO-01 nonché i piezometri DE-SO-01 e AV-DE-SO-02. Tali punti si riferiscono a circuiti affini
AV-DE-SO-02		Valle	
AV-DE-SO-03	Coppia B	Monte	
AV-DE-SO-01		Valle	
AV-DE-SO-01	Coppia B	Monte	
AV-DE-SO-02		Valle	
AV-DE-SO-26	Punto piezometrico	Monte-	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e si riferiscono a circuiti affini
AV-DE-SO-27	Punto piezometrico	Monte	
AV-DE-SO-28	Coppia B	M	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso ma non è possibile definire che si riferiscano a circuiti affini. Si propone quindi di eseguire il Test con Traccianti e considerarli allo stato attuale come Coppia B
AV-DE-SO-29		Valle	

Tabella 1-1 – Considerazioni finali

Piezometro	TIPO DI MONITORAGGIO PROPOSTO	UBICAZIONE IDROGEOLOGICA	CONSIDERAZIONI FINALI
AV-DE-SO-30	Punto piezometrico	M	I due piezometri risultano caratterizzati da flussi con direzione parallela e non si può concludere che si riferiscano a circuiti affini
AV-DE-SO-31	Strumento singolo	Valle	
AV-DE-SO-32	Coppia B	M	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso ma non è possibile definire che si riferiscano a circuiti affini. Si propone quindi di eseguire il Test con Traccianti e considerarli allo stato attuale come Coppia B
AV-DE-SO-33		Valle	
AV-DE-SO-34	Strumento singolo	Valle	I due piezometri risultano caratterizzati da direzioni di flusso differenti e non si può concludere che si riferiscano a circuiti affini
AV-PZ-SO-35	Punto piezometrico	M	
VENETO			
Piezometro	TIPO DI MONITORAGGIO PROPOSTO	UBICAZIONE IDROGEOLOGICA	CONSIDERAZIONI FINALI
AV-PE-SO-36_PROF	Coppia A	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso e si riferiscono a circuiti affini
AV-PZ-SO-37_PROF		Valle	
AV-PE-SO-36_SUP	Coppia B	V	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso e AV-PE-SO-36_SUP è sempre risultato non campionabile. Di conseguenza non è stato possibile svolgere il confronto idrochimico. Allo stato attuale possono essere considerati come Coppia B
AV-PZ-SO-37_SUP		Monte	
AV-PE-SO-38	Coppia B	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso ma non è possibile definire che si riferiscano a circuiti affini. Si propone quindi di eseguire il Test con Traccianti e considerarli allo stato attuale come Coppia B
AV-PE-SO-39		Valle	
AV-PE-SO-06	Punto piezometrico	Monte	Tali piezometri sono caratterizzati da direzioni di flusso discordanti che non generano passaggio di acqua reciproco. Inoltre non si può concludere che si riferiscano allo stesso acquifero
AV-PE-SO-40	Strumento singolo	Valle	
AV-PE-SO-07	Punto piezometrico	Monte	
AV-PE-SO-08	Strumento singolo	V	
AV-PE-SO-57	Punto piezometrico	-	Tali piezometri sono caratterizzati da direzioni di flusso discordanti che non generano passaggio di acqua reciproco. Inoltre non si può concludere che si riferiscano allo stesso acquifero. I piezometri AV-PE-SO-57 e AV-PE-SO-09 intercettano acque non interferenti con le opere
AV-PE-SO-04	Strumento singolo	Valle	
AV-PE-SO-05	Strumento singolo	Valle	
AV-PE-SO-09	Punto piezometrico	-	

Tabella 1-1 – Considerazioni finali

AV-PE-SO-41	Strumento singolo	Valle	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e non si può concludere che si riferiscano a circuiti affini
AV-PE-SO-42	Punto piezometrico	Monte	
AV-CN-SO-43	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e si riferiscono a circuiti affini. Il piezometro AV-CN-SO-44 intercetta acque non interferenti con le opere
AV-CN-SO-44	Punto piezometrico	-	
AV-CN-SO-45	Coppia B	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa direzione di flusso ma non è possibile definire che si riferiscano a circuiti affini. Si propone quindi di eseguire il Test con Traccianti e considerarli allo stato attuale come Coppia B
AV-CN-SO-46		Valle	
AV-CN-SO-47	Strumento singolo	Valle	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e si riferiscono a circuiti affini. Il piezometro AV-CN-SO-48 intercetta acque non interferenti con le opere
AV-CN-SO-48	Punto piezometrico	-	
AV-SO-SO-49	Punto piezometrico	-	I due piezometri sono caratterizzati da direzioni di flusso discordanti che non generano passaggio di acqua reciproco. Inoltre non si può concludere che si riferiscano allo stesso acquifero. Il piezometro AV-SO-SO-49 intercetta acque non interferenti con le opere
AV-SO-SO-50	Strumento singolo	Valle	
AV-SO-SO-10	Punto piezometrico	-	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e non si può concludere che si riferiscano a circuiti affini. Il piezometro AV-SO-SO-10 intercetta acque non interferenti con le opere
AV-SO-SO-11	Punto piezometrico	Monte	
AV-SO-SO-12	Coppia B	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica ma non si può concludere che si riferiscano a circuiti affini, quindi allo stato attuale possono essere considerati come Coppia B. I piezometri monitorano le acque sotterranee interferenti con il campo base Sona
AV-SO-SO-13		Valle	
AV-SO-SO-51	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e si riferiscono a circuiti affini
AV-SO-SO-52	Punto piezometrico	Monte	
AV-SM-SO-53	Punto piezometrico	Monte	I due piezometri monitorano corpi idrici differenti e sono caratterizzati anche da direzioni di flusso differenti
AV-SM-SO-54	Strumento singolo	Valle	
AV-SM-SO-55	Punto piezometrico	Monte	I due strumenti risultano allineati lungo la stessa isopiezometrica e si riferiscono a circuiti affini
AV-SM-SO-56	Strumento singolo	Valle	

ALLEGATI

Allegato n.1 – Caratteristiche piezometri esistenti

Allegato n.2 – Misure di monitoraggio eseguite

Allegato n.3 – Carta idrogeologica e indicazione della contaminazione rilevata (n.10 tavole in scala 1:5000)

Allegato n.4 – Risultati analitici matrice acque sotterranee

ALLEGATO 1

Caratteristiche piezometri esistenti

ALLEGATO 2

Misure di monitoraggio eseguite

ALLEGATO 3

Carta idrogeologica e indicazione della contaminazione rilevata (n.10 tavole in scala 1:5000)

ALLEGATO 4

Risultati analitici matrice acque sotterranee