

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.

CUP: J14H20000440001

S.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

-

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

IN1A 20 D 69 RG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Continelli G. Rossi	Dicembre 2021	M. Sciarra	Dicembre 2021	C. Mazzocchi	Dicembre 2021	M. Comedini Dicembre 2021



File: IN1A 20 D 69 RG GE0001 001 A

n. Elab.:

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

SOMMARIO

1	PREMESSA	8
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	12
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	13
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	14
4.1	CAMPAGNE INDAGINI ITAFERR 1998-2021	14
4.1.1	<i>Campagna indagini geognostiche ITAFERR 1998</i>	14
4.1.2	<i>Campagna indagini geognostiche ITAFERR 2003</i>	14
4.1.3	<i>Campagna indagini geognostiche ITAFERR 2014</i>	15
4.1.4	<i>Campagna indagini geofisiche ITAFERR 2014</i>	15
4.1.5	<i>Campagna indagini geognostiche ITAFERR 2016</i>	16
4.1.6	<i>Campagna indagini geognostiche ITAFERR 2019</i>	16
4.2	CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITAFERR 2020.....	17
4.3	CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITAFERR 2020-2021 – VERONA OVEST	17
4.3.1	<i>Prove di laboratorio ITAFERR 2020-2021</i>	18
4.4	CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2020-2021- INGRESSO VERONA OVEST	18
4.4.1	<i>Prove sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi</i>	19
4.4.2	<i>Prove sismiche passive di tipo H.V.S.R.</i>	19
4.4.3	<i>Prove Down-Hole</i>	20
4.5	CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITAFERR 2021 – PD INGRESSO VERONA EST	20
4.5.1	<i>Prove di laboratorio ITAFERR 2021</i>	21
4.6	CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2021	21
4.6.1	<i>Prove sismiche di tipo M.A.S.W.</i>	22
4.6.2	<i>Prove sismiche passive di tipo H.V.S.R.</i>	22
4.6.3	<i>Prove Down-Hole</i>	23
4.7	CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITAFERR 2021 – SONDAGGI SUL F. ADIGE	23
4.8	SONDAGGI BIBLIOGRAFICI.....	24
5	GEOLOGIA	26
5.1	ASSETTO STRATIGRAFICO DELL' AREA IN ESAME.....	34
5.1.1	<i>Depositi quaternari</i>	34
6	ASSETTO STRUTTURALE	45
6.1	ASSETTO STRUTTURALE DELL' AREA IN ESAME	47
7	GEOMORFOLOGIA	48
7.1	ANALISI MULTITEMPORALE E MULTISCALARE	49
8	PROVE IN SITU E PROVE DI LABORATORIO (DEPOSITI QUATERNARI)	52
8.1	ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FG ^{R2})	54
8.2	ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FG ^{R3})	56
8.3	DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (BB1) E TERRAZZATI (BN1).....	57
8.4	RIPORTO ANTROPICO (H).....	59
9	INTERPRETAZIONE DEGLI ESITI DELLE PROVE IN SITO DIRETTE E INDIRETTE	62
10	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	63
10.1	CARTOGRAFIA GEOLOGICA	63
10.2	PROFILO IN ASSE AL PROGETTO	64
10.3	SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI AL TRACCIATO.....	66

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

11	IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	70
11.1	IDROGRAFIA	70
11.2	BACINO IDROGEOLOGICO DELL'ALTA PIANURA VERONESE (VRA).....	72
11.3	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	76
11.3.1	<i>Dati idrogeologici di base.....</i>	76
11.3.2	<i>Prove di permeabilità in foro tipo Lefranc</i>	76
11.3.3	<i>Complessi idrogeologici</i>	82
11.4	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	85
11.4.1	<i>Piezometri ITALFERR 2021 (Tratta Verona Est)</i>	85
11.4.2	<i>Piezometri ITALFERR 2020-2021 (Tratta Verona Ovest).....</i>	85
11.4.3	<i>Piezometri ITALFERR 2016</i>	86
11.4.4	<i>Piezometri ITALFERR 2014</i>	86
11.4.5	<i>Piezometri ITALFERR 2003</i>	86
11.4.6	<i>Piezometri ITALFERR 2021 (Tratta Verona Nord-Lotto 4).....</i>	86
11.4.7	<i>Risultati del monitoraggio piezometrico</i>	87
11.4.8	<i>Opere di captazione ed emergenze sorgentizie</i>	89
11.5	ELABORATI IDROGEOLOGICI.....	91
11.6	DEFINIZIONE DELLA PIEZOMETRICA	92
11.7	INTERFERENZE CON POZZI	93
12	SISMICITÀ DELL'AREA DI STUDIO	95
12.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA	95
12.2	SISMICITÀ STORICA	98
12.3	SORGENTI SISMOGENETICHE	103
12.4	FAGLIE CAPACI.....	110
12.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO	114
12.6	PERICOLOSITÀ SISMICA	117
12.7	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	120
12.7.1	<i>Categoria di sottosuolo.....</i>	120
12.7.2	<i>Condizioni topografiche.....</i>	121
12.8	ANALISI PRELIMINARE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	122
12.9	MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 1).....	124
13	SINTESI E CONCLUSIONI.....	125
14	BIBLIOGRAFIA.....	128

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1. ELABORATI ITAFERR PRODOTTI NELL' AMBITO DELLE PRECEDENTI FASI PROGETTUALI DEL NODO DI VERONA.....	8
TABELLA 2. ELENCO ELABORATI E DOCUMENTAZIONE A CORREDO PER LO SVILUPPO DELLO STUDIO GEOLOGICO.....	10
TABELLA 3. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 1998.....	14
TABELLA 4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2003.....	15
TABELLA 5. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2014.....	15
TABELLA 6. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2016.....	16
TABELLA 7. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2019.....	16
TABELLA 8. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2020.....	17
TABELLA 9. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2020-2021.....	17
TABELLA 10. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2021: VALORI DI V_{SEQ} (M/S) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DELLE PROVE SISMICHE DI TIPO M.A.S.W./RE.MI.....	19
TABELLA 11. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2021: FREQUENZE FONDAMENTALI DI VIBRAZIONE DEL SITO (f_0) RELATIVE A PICCHI SPETTRALI DI POSSIBILE SIGNIFICATO STRATIGRAFICO.....	20
TABELLA 12. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2021: VALORI DI V_{SEQ} (M/S) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DELLE N.5 PROVE SISMICHE DI TIPO DOWN-HOLE.....	20
TABELLA 13. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021 – VERONA EST.....	20
TABELLA 14. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2021; VALORI DI V_{SEQ} (M/S) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DELLE PROVE SISMICHE DI TIPO M.A.S.W./RE.MI.....	22
TABELLA 15. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2021.....	23
TABELLA 16. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITAFERR 2021: VALORI DI V_{SEQ} (M/S) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DELLE N. 4 PROVE SISMICHE DI TIPO DOWN-HOLE.....	23
TABELLA 17. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021 –SONDAGGI NEL F.ADIGE.....	24
TABELLA 18. DETTAGLIO SONDAGGI E POZZI BIBLIOGRAFICI RECUPERATI DAGLI ENTI.....	24
TABELLA 19. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL' AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2020-2021.....	76
TABELLA 20. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL' AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2020-2021 (VERONA OVEST).....	78
TABELLA 21. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL' AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2020 ..	80
TABELLA 22. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL' AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2019. .	80
TABELLA 23. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL' AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2016. .	80
TABELLA 24. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL' AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2014. .	80
TABELLA 25. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL' AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2003. .	80
TABELLA 26. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2020-2021.....	85
TABELLA 27. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2020-2021.....	85
TABELLA 28. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2016.....	86
TABELLA 29. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2014.....	86
TABELLA 30. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2003.....	86
TABELLA 31. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021 LOTTO 4.....	86
TABELLA 32. RISULTATI DELLE LETTURE PIEZOMETRICHE ESEGUITE CONTEMPORANEAMENTE ALLE FASI DI PERFORAZIONE DEI SONDAGGI (OTTOBRE 2020-FEBBRAIO 2021).....	87
TABELLA 33. RISULTATI DEL MONITORAGGIO PIEZOMETRICO DEL PERIODO MARZO-AGOSTO 2021.....	87
TABELLA 34. DATI PIEZOMETRICI DI ALCUNI POZZI DEL PAT (PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO) DEL COMUNE DI VERONA.....	90
TABELLA 35. STORIA SISMICA DI VERONA [45.438, 10.994]. NUMERO DI EVENTI: 151.....	99
TABELLA 36. PARAMETRI DI RIFERIMENTO DEL MOTO SISMICO SU SUOLO RIGIDO PER UN PERIODO DI RITORNO T_R PARI A 475 ANNI.....	119
TABELLA 37. SINTESI DEI RISULTATI DELLE CAMPAGNE INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE DA ITAFERR. SI RIPORTANO I VALORI DI V_{SEQ} (M/S) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO CON INDICAZIONI DELLE PK DI ESECUZIONE DELLE PROVE.....	120

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO; IN ROSSO È EVIDENZIATO IL TRACCIATO DI PROGETTO (DA GOOGLE EARTH)	13
FIGURA 2. CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 49 VERONA (STRALCIO NON IN SCALA), (S.G.I. 1967)	28
FIGURA 3. LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 49 VERONA, (S.G.I. 1967)	29
FIGURA 4. CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 48 - PESCHIERA DEL GARDA E SEZIONE GEOLOGICA I (STRALCI NON IN SCALA), (S.G.I. 1969)	30
FIGURA 5. LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 48 PESCHIERA DEL GARDA (S.G.I. 1969)	31
FIGURA 6. SCHEMA DEI PRINCIPALI SISTEMI DI MEGAFAN FLUVIOGLACIALI LUNGO IL MARGINE MERIDIONALE DELLE ALPI. LEGENDA: 1. FIUME; 2. LIMITE SUPERIORE DELLA FASCIA DELLE RISORGIVE; 3. SCARPATA FLUVIALE; 4. LIMITE INTERNO DEI DEPOSITI DI LAGUNA OLOCENICI; 5. MONTAGNE E RILIEVI; 6. TERRAZZI TETTONICI; 7. DEPOSITI ALLUVIONALI DEL PLEISTOCENE MEDIO-INF. ("FERRETTO" AUCTORUM); 8. ANFITEATRO MORENICO; 9. DEPOSITI LGM INDIFFERENZIATI; 10. INCISIONI FLUVIALI POST-LGM; 11. PIANA DEL PO; 12. PIANA ALLUVIONALE DELL'ADIGE; 13. UNITÀ ALLUVIONALI LEGATE AI PRINCIPALI FIUMI ALIMENTATI DA ACQUE SOTTERRANEE; 14. DEPOSITI OLOCENICI DI COSTA (FONTANA ET AL., 2014)	33
FIGURA 7. INGRADIMENTO DEI SISTEMI DI MEGAFAN FLUVIOGLACIALI DEI FIUMI ADIGE, MINCIO E CHIESE (PARTICOLARE DELLA FIGURA PRECEDENTE; FONTANA ET AL., 2014)	34
FIGURA 8. SBANCAMENTO IN FG ^{R2} 1, PARTICOLARE DEI CLASTI DI NATURA CALCAREA, METAMORFICA, VULCANICA (PORFIDI) E PLUTONICA (GRANITI).	36
FIGURA 9. SBANCAMENTO IN FG ^{R2} 1, ZONA PROSSIMA L'AUTOSTRADA DEL BRENNERO A22	37
FIGURA 10. SONDAGGIO SD2 DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021 ESEGUITO IN PROSSIMITÀ DEI CAPANNONI DI TRENITALIA: UNITÀ FG ^{R2} 1, A PROFONDITÀ MAGGIORI DI 35 M DA P.C., RICCA DI CIOTTOLI POLIGENICI ED ETEROMETRICI (Ø MAX >6 CM), DA ANGOLARI AD ARROTONDATI, IN MATRICE SABBIOSA E SABBIOSO-LIMOSA DI COLORE AVANA	37
FIGURA 11. SONDAGGIO SD5 DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021: UNITÀ FG ^{R2} 2, 38.40÷40.00 M; IL MATERIALE SI PRESENTA PREVALENTEMENTE SABBIOSO-LIMOSO	38
FIGURA 12. SONDAGGIO SD13, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021, UNITÀ FG ^{R3} 1, 5.00÷10.00 M	39
FIGURA 13. SONDAGGIO SD14, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021, UNITÀ FG ^{R3} 2, 13.50-15.00	39
FIGURA 14. SONDAGGIO SD4, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021, UNITÀ FG ^{R3} 4, 30.20-35.00 M	40
FIGURA 15. SONDAGGIO SD7, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021, UNITÀ BN1 (GHIAIE), INTERCALAZIONE DELL'UNITÀ BN2 (SABBIE), 7.00-8.00 M	41
FIGURA 16. SONDAGGIO SD7, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021, UNITÀ BN1 (GHIAIE), INTERCALAZIONE DELL'UNITÀ BN2 (SABBIE), 7.00-8.00 M	41
FIGURA 17. SONDAGGIO SD7, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR 2021, UNITÀ BN3 E BN4 (LIMOSO-ARGILLOSA), 15.60-20.00 M	42
FIGURA 18. SONDAGGIO SD6, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR -2021, UNITÀ BB; NELLA CASSA 1 DA 2 FINO A 5.00 M SI NOTA CIOTTOLI ETEROMETRICI IN MATRICE SABBIOSA DI COLORE AVANA.	43
FIGURA 19. SONDAGGIO SD2ADIGE, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR -2021, UNITÀ BA; NELLA CASSA SI NOTA OLTRE A CIOTTOLI ETEROMETRICI ED UN ALTO CONTENUTO DI MATRICE DI SABBIA	43
FIGURA 20. SONDAGGIO SD5, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITAFERR -2021, UNITÀ H; NELLA CASSA SI NOTA OLTRE A CIOTTOLI ETEROMETRICI ED A SPIGOLI VIVI CON UN ALTO CONTENUTO DI SABBIA E RESTI LAPIDEI	44
FIGURA 21. PRINCIPALI CARATTERISTICHE STRUTTURALI E TETTONICHE DELLE ALPI CENTRO-MERIDIONALI (A SUD DELLA LINEA PERIADRIATICA). IN ROSSO È EVIDENZIATA L'AREA DI STUDIO	45
FIGURA 22. PRINCIPALI CARATTERISTICHE STRUTTURALI E TETTONICHE DEGLI APPENNINI CENTRO-SETTENTRIONALI E DELLE ALPI CENTRO-MERIDIONALI (A SUD DELLA LINEA PERIADRIATICA). IN BLU È EVIDENZIATA L'AREA DI STUDIO	46
FIGURA 23. CARTA STRUTTURALE DEL TRATTO CENTRO-ORIENTALE DEL PO, IN ROSSO L'AREA IN ESAME (SCARDIA ET AL., 2015)	47
FIGURA 24. STRALCIO DELLA MAPPA DELLE UNITÀ DEPOSIZIONALI DEL VENETO (ARPAV, 2010). L'AREA DI INTERESSE È CARATTERIZZATA DALL'UNITÀ DEPOSIZIONALE A=ADIGE (EVIDENZIATA IN ROSSO)	48

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

FIGURA 25. STRALCIO FOTO AEREA 1955 (https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1955/tiff_2500_dpi_fotogrammetrico/fotogramma-1484597529.94), IN ROSSO TRATTEGGIATO L'AREA IN ESAME.....	49
FIGURA 26. STRALCIO FOTO AEREA 1962 (https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1962/tiff_2400_dpi_non_fotogrammetrico/fotogramma-1484597479.23).	50
FIGURA 27. STRALCIO FOTO AEREA 1986 (https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1986/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605286851.93), IN ROSSO TRATTEGGIATO L'AREA IN ESAME.....	50
FIGURA 28. STRALCIO ORTOFOTO 2010 (https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/2010/tiff_2500_dpi_fotogrammetrico/fotogramma-44), IN ROSSO IN ESAME.	51
FIGURA 29. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (NSPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ	53
FIGURA 30. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER LE UNITÀ QUATERNARIE .54	
FIGURA 31. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER LE ALLUVIONI FG ^{R2}	55
FIGURA 32. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (NSPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER LE ALLUVIONI FG ^{R2}	55
FIGURA 33. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER LE ALLUVIONI FG ^{R3}	56
FIGURA 34. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (NSPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER LE ALLUVIONI FG ^{R3}	57
FIGURA 35. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER LE ALLUVIONI BB1 E BN1 58	
FIGURA 36. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (NSPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER LE ALLUVIONI FG ^{R3}	59
FIGURA 37. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER L'UNITÀ COSTITUITA DA MATERIALE RIMANEGGIATO E/O DI RIPORTO ANTROPICO (H)	60
FIGURA 38. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (NSPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER IL MATERIALE DI RIPORTO (H).....	61
FIGURA 39. STRALCIO CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:25.000 DELL'AREALE DI VERONA. IN TRATTEGGIO IL LIMITE DELL'ABITATO DI VERONA	63
FIGURA 40. STRALCIO DEL PROFILO GEOLOGICO ZONA SCALO CASON, IN CUI SI NOTA IL PASSAGGIO TRA LE ALLUVIONI FG ^{R2} E FG ^{R3} . IL PASSAGGIO IPOTIZZATO È STATO DESUNTO DALLE SCARPATE MORFOLOGICHE CHE SI NOTANO NEL SETTORE SETTENTRIONALE DELL'AREA DI STUDIO.....	64
FIGURA 41. PROFILO GEOLOGICO DELLA TAVOLA 2/5, COSTITUITO DA UNA SUCCESSIONE DI STRATI PIANO-PARALLELI DI ALLUVIONI FG ^{R3} E FG ^{R2} . BEN SI NOTA IL LIVELLO DI PELITI CHE MARCA IL LIMITE STRATIGRAFICO TRA LE DUE UNITÀ	65
FIGURA 42. PROFILO GEOLOGICO DELLA TAVOLA 3/5 IN CORRISPONDENZA DELL'ALVEO DEL FIUME ADIGE. SI NOTI L'AFFIORAMENTO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (BB1) E TERRAZZATI (BN1) OLOCENICI	66
FIGURA 43. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE A-A'. STRALCIO NON IN SCALA	67
FIGURA 44. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE B-B'. STRALCIO NON IN SCALA	67
FIGURA 45. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE C-C'. STRALCIO NON IN SCALA	68
FIGURA 46. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE D-D'. STRALCIO NON IN SCALA.	69
FIGURA 47. LIMITE IDROGRAFICO E CONFINI AMMINISTRATIVI DEL FIUME ADIGE (PIANO DI GESTIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DELLE ALPI ORIENTALI, 2009). NEL RIQUADRO ROSSO È INDICATA L'AREA DI STUDIO	71
FIGURA 48. BACINO IDROGEOLOGICO DELL'ALTA PIANURA VERONESE (VRA), DIVISO DALLA MEDIA VALLE PADANA (MPV) DAL LIMITE SETTENTRIONALE DELLA FASCIA DELLE RISORGIVE (PIANO DI GESTIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DELLE ALPI ORIENTALI, 2009).....	73
FIGURA 49. MODELLO IDROGEOLOGICO DELLA PIANURA VENETA (PROV. VE SERV. GEOLOGICO, 2011). SEZIONE TIPO DELLA PIANURA CON DIREZIONE N-S. SI DISTINGUE LA ZONA DELL'ALTA PIANURA DOVE AVVIENE LA RICARICA DELL'ACQUIFERO, LA ZONA DI MEDIA PIANURA DOVE INIZIA A SVILUPParsi IL SISTEMA MULTI-FALDE IN PRESSIONE E IN CUI LE ACQUE FREATICHE VENGONO A GIORNO (FASCIA DELLE RISORGIVE), ED INFINE LA ZONA DI BASSA PIANURA.	74
FIGURA 50. CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE SCALA 1:30000 (A. DAL PRÀ E P. DE ROSSI, 1989);STRALCIO NON IN SCALA	75
FIGURA 51 - VARIAZIONE DEI VALORI DI PERMEABILITÀ PER LE UNITÀ GEOLOGICHE E PER IL RIPORTO.	81
FIGURA 52. VALORE MASSIMO, MINIMO E MEDIO DI PERMEABILITÀ PER LE UNITÀ GEOLOGICHE E PER IL RIPORTO.	82
FIGURA 53. VARIAZIONE DEI VALORI DI PERMEABILITÀ DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI.....	84
FIGURA 54. VALORE MASSIMO, MINIMO E MEDIO DI PERMEABILITÀ DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI.....	84

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

FIGURA 55. GRAFICO DELL'ANDAMENTO DEI LIVELLI DI FALDA MISURATI DA MARZO 2021 A NOVEMBRE 2021. PER I GRAFICI E LE LETTURE DI DETTAGLIO SI RIMANDA AL "REPORT MONITORAGGIO PIEZOMETRICO" (COD. IN1A20D69RHGE0002001A).....	89
FIGURA 56. COMPLESSI IDROGEOLOGICI DI PERTINENZA PER OGNUNA DELLE UNITÀ GEOLOGICHE.....	92
FIGURA 57. CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE SCALA 1:30000 (A. DAL PRÀ E P. DE ROSSI, 1989);STRALCIO NON IN SCALA	93
FIGURA 58. MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE - ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV)	97
FIGURA 59. EPICENTRI E MAGNITUDO DEI PRINCIPALI TERREMOTI STORICI (CPTI15) CHE HANNO INTERESSATO LA ZONA DI VERONA . IN COLORE ROSSO SI RIPORTA L'AREA OGGETTO DI STUDIO.	98
FIGURA 60. STORIA SISMICA DI VERONA.....	103
FIGURA 61. SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NELLA NUOVA VERSIONE DEL "DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES (DISS)", VERSION 3.2.1.	104
FIGURA 62. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITCS076.....	105
FIGURA 63. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITIS140.....	106
FIGURA 64. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITCS114.....	107
FIGURA 65. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITCS073.....	108
FIGURA 66. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA INCERTA ITDS075.....	109
FIGURA 67. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA INCERTA ITDS074.....	110
FIGURA 68. CATALOGO ITHACA: STRALCIO CARTOGRAFICO DELL'AREA DI INTERESSE CON INDICAZIONE SCHEMATICA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO (RETTANGOLO NERO) E DELLA FAGLIA CAPACE S. AMBROGIO VALPOLICELLA. ...	110
FIGURA 69. ITHACA; PARAMETRI DESCRITTIVI DELLA FAGLIA CAPACE S. AMBROGIO VALPOLICELLA (SCARDIA, G., FESTA, A., MONEGATO, G., PINI, R., ROGLEDI, S., TREMOLADA, F., & GALADINI, F.EVIDENCE FOR LATE ALPINE TECTONICS IN THE LAKE GARDA AREA (NORTHERN ITALY) AND SEISMOGENIC IMPLICATIONS.GSA BULLETIN, 127(1-2), 113-130.2015	111
FIGURA 70. LOCALIZZAZIONE DELLE TOMOGRAFIE ELETTRICHE E DELLE STESE DI SISMICA TOMOGRAFICA A RIFRAZIONE (CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2021)	112
FIGURA 71. SEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE L1 E L2.....	113
FIGURA 72. STRALCIO SEZIONE GEOLOGICA IN1A20D69N6GE0001004A, IN VIOLA VENGONO RIPORTATI GLI STENDIMENTI ESEGUITI NEL 2021	114
FIGURA 73. ZONE SISMOGENETICHE ZS9 DEL NORD ITALIA (MELETTI E VALENSISE, 2004)	115
FIGURA 74. VALORI DI MWMAX PER LE ZONE SISMOGENETICHE ZS9	115
FIGURA 75. VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO REGIONALE (PARTICOLARE DELLA REGIONE VENETO). NEL RIQUADRO ROSSO È EVIDENZIATA L'AREA DI STUDIO. FONTE: ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV).....	116
FIGURA 76. VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA DI VERONA. FONTE: ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV)	118
FIGURA 77. CARTA DELLE M.O.P.S. DEL COMUNE DI VERONA E RELATIVA LEGENDA. IN TRATTEGGIO NERO L'AREA DI PROGETTO.....	124

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

1 PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta con lo scopo di fornire il quadro dei caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell'area interessata dalla progettazione definitiva della linea AV/AC Milano-Venezia, tratta AV/AC Brescia Est – Verona, Nodo AV/AC di Verona Ingresso Est.

Lo studio geologico eseguito comprende:

- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico generale dell'area di studio;
- redazione di una cartografia geologica/geomorfologica e idrogeologica di riferimento;
- interpretazione ed elaborazione delle indagini geognostiche e geofisiche (sia disponibili da precedenti fasi progettuali, sia eseguite ai fini del presente progetto definitivo) per la definizione delle unità geologiche di sottosuolo ai fini della ricostruzione del modello geologico e idrogeologico (sia in asse al tracciato di progetto, sia in senso trasversale).

Gli elaborati cartografici e la relazione geologica sono stati redatti facendo riferimento alle Linee guida per la rappresentazione cartografica della Carta Geologica d'Italia del Servizio Geologico d'Italia (SGN, 1992 e integrazioni 1994; ISPRA 2007 e 2009) e ai dati presenti nei documenti redatti da ITALFERR per le precedenti fasi di progettazione del Nodo di Verona (Tabella 1).

Tabella 1. Elaborati ITALFERR prodotti nell'ambito delle precedenti fasi progettuali del Nodo di Verona

“Nodo AV/AC di Verona” PROGETTO PRELIMINARE -1998/2003		
<i>Codifica elaborato</i>	<i>Descrizione elaborato</i>	<i>Scala</i>
L28100R69SGGE0005001A	<i>Stratigrafie sondaggi geognostici e prove in foro, Campagna d'indagini geognostiche 2003</i>	--
L28100R69SGGE0005002A	<i>Stratigrafie sondaggi geognostici e prove in foro, Campagna d'indagini geognostiche 2003</i>	--
“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Ovest” PROGETTO PRELIMINARE - 2014		
IN0910R69RGGE0001001A	<i>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</i>	--
IN0910R69G6GE0001001A	<i>Carta geologica Tav. 1/2</i>	1:2.000
IN0910R69G6GE0001002A	<i>Carta geologica Tav. 2/2</i>	1:2.000
IN0910R69G6GE0002001A	<i>Carta idrogeologica Tav. 1/2</i>	1:2.000
IN0910R69G6GE0002002A	<i>Carta idrogeologica Tav. 2/2</i>	1:2.000
IN0910R69F6GE0001001A	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 1/2</i>	1:2.000/200
IN0910R69F6GE0001002A	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 2/2</i>	1:2.000/200
IN0910R69F6GE0002001A	<i>Profilo idrogeologico Tav. 2/2</i>	1:2.000/200
IN0910R00F6GE0002002A	<i>Profilo idrogeologico Tav. 2/2</i>	1:2.000/200
IN0910R69RHGE0001001A	<i>Relazione tecnica: esiti indagini e prove in sito</i>	--

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA IN1A LOTTO 20 CODIFICA D 69 RG DOCUMENTO GE 0001 001 REV A FOGLIO 9 di 129

<i>IN0910R69RHGE0005001A</i>	<i>Relazione tecnica, esiti di campagna geofisica, tomografia elettrica e Down-Hole</i>	--
<i>IN0910R69SHGE0005001A</i>	<i>Schede tecniche: esiti di prove di laboratorio</i>	--
“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Est” PROGETTO PRELIMINARE - 2016		
<i>IN0F20R69RGGE0001001A</i>	<i>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</i>	--
<i>IN0F20R69G6GE0001001A</i>	<i>Carta geologica Tav. 1/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0001002A</i>	<i>Carta geologica Tav. 2/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0001003A</i>	<i>Carta geologica Tav. 3/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0002001A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 1/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0002002A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 2/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0002003A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 2/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001001A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 1/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001002A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 2/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001003A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 3/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001004A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 4/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001005A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 5/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001006A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 6/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F8GE0001001A</i>	<i>Sezioni geologico tecniche trasversali</i>	<i>1:500/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002001A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 1/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002002A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 2/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002003A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 32/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002004A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 4/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002005A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 5/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002006A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 6/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F8GE0002001A</i>	<i>Sezioni idrogeologiche trasversali</i>	<i>1:500/200</i>
<i>IN0F20R69SGGE0005001A</i>	<i>Esiti indagini e prove in sito</i>	--
<i>IN0F20R69IGGE0001001B</i>	<i>Esiti geofisica</i>	--
<i>IN0F20R69PRGE0005001B</i>	<i>Prove di laboratorio</i>	--
“Nodo AV/AC di Verona: Centralizzazione delle cabine IS di Verona Porta Nuova” PROGETTO DEFINITIVO - 2019		
<i>IN0V00D69SGGE0005001A</i>	<i>Indagini Geognostiche: sondaggi, stratigrafie e prove in sito</i>	--

“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Ovest” PROGETTO DEFINITIVO - 2021

<i>IN1010D69RGGE0001001A</i>	<i>Relazione geologica</i>	--
<i>IN1010D69G6GE0001001A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 1)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0001002A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 2)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0001003A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 3)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0001004A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 4)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0002001A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 1)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0002002A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 2)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0002003A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 3)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0002004A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 4)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69W6GE0015001A</i>	<i>Sezioni geologiche trasversali</i>	<i>1:1.000</i>
<i>IN1010D69W6GE0002001A</i>	<i>Sezioni idrogeologiche trasversali</i>	<i>1:1.000</i>
<i>IN1010D69SGGE0005001A</i>	<i>Report campagna indagini 2020-2021 Verona Ovest</i>	--
<i>IN1010D69IGGE0005002A</i>	<i>Report indagini geofisiche</i>	--
<i>IN1010D69RHGE0005001A</i>	<i>Report monitoraggio idrogeologico</i>	--

Gli elaborati prodotti ai fini dell'attuale fase progettuale sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2. Elenco elaborati e documentazione a corredo per lo sviluppo dello studio geologico

“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Est” PROGETTO DEFINITIVO - 2021

<i>Codifica elaborato</i>	<i>Descrizione elaborato</i>	<i>Scala</i>
<i>INIA20D69RGGE0001001A</i>	<i>Relazione geologica</i>	--
<i>INIA20D69G6GE0005001A</i>	<i>Carta ubicazione indagini (tav. 1/2)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>INIA20D69G6GE0005002A</i>	<i>Carta ubicazione indagini (tav. 2/2)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>INIA20D69N6GE0001001A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 1/5)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>INIA20D69N6GE0001002A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 2/5)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>INIA20D69N6GE0001003A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 3/5)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>INIA20D69N6GE0001004A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 4/5)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>INIA20D69N6GE0001005A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 5/5)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>INIA20D69N6GE0001006A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico-Scalo Cason (tav.1/2)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>INIA20D69N6GE0001007A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico-Scalo Cason (tav.2/2)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>INIA20D69W7GE0001001A</i>	<i>Sezioni geologiche trasversali</i>	<i>1:1.000</i>

“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Est” PROGETTO DEFINITIVO - 2021

<i>Codifica elaborato</i>	<i>Descrizione elaborato</i>	<i>Scala</i>
INIA20D69N6GE0002001A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 1/5)	1:2.000/200
INIA20D69N6GE0002002A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 2/5)	1:2.000/200
INIA20D69N6GE0002003A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 3/5)	1:2.000/200
INIA20D69N6GE0002004A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 4/5)	1:2.000/200
INIA20D69N6GE0002005A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 5/5)	1:2.000/200
INIA20D69N6GE0002006A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico -Scalo Cason (tav.1/2)	1:2.000/200
INIA20D69N6GE0002007A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico -Scalo Cason (tav.2/2)	1:2.000/200
INIA20D69W7GE0002001A	Sezioni idrogeologiche trasversali	1:1.000
INIA20D69SGGE0005001A	Report tecnico: stratigrafie e prove in sito	-
INIA20D69SGGE0005002A	Report tecnico: stratigrafie e prove in sito Fiume Adige	-
INIA20D69SGGE0005003A	Report campagna indagini 2020- 21 "Verona Ovest"	-
INIA20D69SGGE0005004A	Sondaggio geognostico e prove in sito 2020 per il P.P. del Modello Fisico Nuovo Ponte sul Fiume Adige	-
INIA20D69SGGE0005005A	Indagini pregresse fabbricato IS di Verona 2019	-
INIA20D69SGGE0005006A	Indagini pregresse Nodo Verona Ingresso Est e Ovest P.P. 2014-2016	-
INIA20D69SGGE0005007A	Indagini pregresse Nodo Verona P.P. 1998-2003	-
INIA20D69SGGE0005008A	Stratigrafie e pozzi bibliografici	-
INIA20D69IGGE0005001A	Report tecnico indagini geofisiche: prove Simica Rifrazione, Elettrica, Down Hole, MASW, HVSR	-
INIA20D69IGGE0005002A	Report indagini campagna geofisica PD Verona Ovest	-
INIA20D69IGGE0005003A	Report indagini campagne geofisiche pregresse	-
INIA20D69PRGE0005001A	Prove di laboratorio	-
INIA20D69PRGE0005002A	Prove di laboratorio geotecniche Fiume Adige	-
INIA20D69PRGE0005003A	Prove di laboratorio PD Ingresso Verona Ovest	-
INIA20D69PRGE0005004A	Prove di laboratorio campagna 2020 – Modello Fisico Nuovo Ponte sul Fiume Adige	-
INIA20D69PRGE0005005A	Prove di laboratorio campagne pregresse	-
INIA20D69RHGE0002001A	Report di monitoraggio piezometrico	-

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A	FOGLIO 12 di 129

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.M.LL.PP. del 16/01/1996 “Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche”;
- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni;
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- L.R. n.33 del 12/10/2015 “Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;
- D.M. 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n. 7 recante “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17/01/2018”.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio è localizzata in corrispondenza del limite settentrionale della Pianura Veneta, nel settore meridionale della città di Verona (Figura 1), all'interno del comune amministrativo di Verona.

Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa in affiancamento alla linea esistente, a partire dal Bivio San Massimo e Santa Lucia della linea ferroviaria Verona-Brennero, per circa 7 km in direzione est e attraversa la stazione di Verona Porta Nuova fino alla stazione di Verona Porta Vescovo. Di interesse per il presente studio è anche l'area dello Scalo Cason, che si sviluppa, per circa 2,5 km in direzione ovest a partire dal Bivio San Massimo e Santa Lucia della linea ferroviaria Verona-Brennero.

Le quote topografiche variano da circa 82 m s.l.m. nella porzione ovest dell'area di progetto, a circa 52 m s.l.m. nella porzione est. Il principale elemento idrografico è il fiume Adige che interseca il tracciato di progetto con andamento circa N-S.

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studio è individuabile all'interno dei Fogli 48 "Peschiera del Garda" e 49 "Verona" in scala 1:100.000, nei fogli 123 e 124 Serie 50 (scala 1:50.000), nelle Tavole 048 II-NE (Pescantina) e 049 III-NO (Verona) in scala 1:25.000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Veneto, nelle sezioni 123160 e 124130 in scala 1:10.000 e negli elementi 123164, 123161 e 124134 in scala 1:5.000.



Figura 1. Inquadramento geografico generale dell'area di intervento; in rosso è evidenziato il tracciato di progetto (da Google Earth)

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Per definire l'assetto geologico di sottosuolo, sono state raccolte e analizzate tutte le indagini geognostiche e le stratigrafie di sottosuolo disponibili nell'area oggetto di intervento, realizzate sia da ITALFERR (a partire dal 1998) sia da enti esterni alla società (Regione Veneto e Comune di Verona). L'intero set di dati così raccolto ha permesso una ricostruzione adeguata alla presente fase progettuale dell'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale delle unità di sottosuolo.

4.1 CAMPAGNE INDAGINI ITALFERR 1998-2021

Come già detto, per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche di sottosuolo dell'area di studio, sono stati utilizzati dati derivanti dalle campagne indagini realizzate da ITALFERR nell'area di progetto a partire dal 1998. I dati di seguito riportati sono stati utilizzati per la realizzazione del profilo geologico sia in asse al tracciato, sia dei profili ad esso trasversali (si vedano gli elaborati IN1A20D69N6GE0001001A-IN1A20D69N6GE0001007A e IN1A20D69W7GE0002001A).

4.1.1 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 1998

Durante la campagna indagini ITALFERR 1998, nei mesi di luglio e agosto 1998, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 3 si riporta il dettaglio dei sondaggi realizzati.

Tabella 3. Campagna geognostica ITALFERR 1998

Sondaggio	Profondità (m)	Prove SPT	Piezometro
SL281BG06	30	9	-
SL281BG07	30	9	-
SL281BG08	20	6	-
XL281RG10	25	7	Piezometro t.a. (20,00 m)
SL281RG11	20	6	-

Per i certificati stratigrafici si rimanda al report IN1A20D69SGGE0005007A "Indagini pregresse Nodo Verona PP 1998-2003".

4.1.2 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2003

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2003, nei mesi di maggio e giugno 2003, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona AV/AC, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di piezometri a tubo aperto tipo Norton, prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 4 si riporta il dettaglio dei sondaggi realizzati.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Tabella 4. Campagna geognostica ITALFERR 2003

Sondaggio	Profondità (m)	Campioni		Prove SPT	Prove Lefranc	Piezometro t.a. (m)
		Ind.	Rim.			
XL281PG01	50	1	5	14	1	50
SL281PG02	50	1	4	13	-	-
XL281OG03	40	1	4	12	1	40
XL281RG04	35	1	3	9	1	35
XL281RG05	30	-	2	9	1	30

Per i certificati stratigrafici si rimanda al report IN1A20D69SGGE0005007A “Indagini pregresse Nodo Verona PP 1998-2003”.

4.1.3 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2014

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2014, nei mesi di maggio e giugno 2014, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona AV/AC Ingresso Ovest, sono stati realizzati n. 4 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di strumentazione in foro (piezometri e tubazione per prove sismiche tipo *Down-Hole*), prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 5 si riporta il dettaglio dei sondaggi realizzati.

Tabella 5. Campagna geognostica ITALFERR 2014

Sondaggio	Profondità (m)	Coordinate UTM		Prove SPT	Strumentazione
		Nord	Est		
DHL281R01	30	45°25,635'	10°57,202'	9	Tubazione per Down-Hole
PNL281R02	30	45°25,630'	10°56,910'	9	Piezometro Norton 3”
SCL281R03	30	45°25,635'	10°56,156'	9	Piezometro Norton 3”
PNL281R04	30	45°25,641'	10°55,821'	8	Piezometro Norton 3”

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda al documento IN1A20D69SGGE0005006A “Indagini pregresse Nodo Verona Ingresso Est e Ovest PP 2014-2016”.

I certificati delle prove di laboratorio sono riportati nella documentazione tecnica IN1A20D69PRGE0005005A “Prove di laboratorio campagne pregresse”.

4.1.4 Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2014

Durante la campagna geofisica ITALFERR 2014, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona AV/AC Ingresso Ovest, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- analisi elettromagnetiche in corrispondenza delle piazzole di perforazione per l’identificazione di eventuali anomalie metalliche;
- prove *Down-Hole* in foro (DHL281R01) per la definizione dei moduli dinamici dei terreni carotati;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

- profili tomografici elettrici per la ricostruzione dei rapporti geostratigrafici tra le unità litostratigrafiche individuate.

Per i certificati si rimanda al report IN1A20D69IGGE0005003A “Report indagini campagne geofisiche pregresse”.

4.1.5 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2016

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2016, nel mese di agosto 2016, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona Ingresso Est, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di strumentazione in foro (piezometri e tubazione per prove sismiche tipo *Down-Hole*), prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 6 si riporta il dettaglio dei sondaggi realizzati.

Tabella 6. Campagna geognostica ITALFERR 2016

Sondaggio	Profondità (m)	Coordinate		Quota (m s.l.m.)	Strumentazione
		Gauss Boaga X	Gauss Boaga Y		
S 01	30	1653500.263	5031990.88	64.9	Piezometro Norton 3”
S 02	30	1654883.606	5032502.454	67.1	Piezometro Norton 3”
S 03	50	1656027.46	5032430.147	52.8	Down-Hole
S 04	30	1657119.37	5032841.275	54	-
S 05	30	1657242.823	5033008.826	54	Piezometro Norton 3”

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda al documento IN1A20D69SGGE0005006A “Indagini pregresse Nodo Verona Ingresso Est e Ovest PP 2014-2016”.

4.1.6 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2019

Nell’ambito del Progetto Definitivo “Centralizzazione delle cabine IS di Verona Porta Nuova con predisposizione degli impianti di gestione della circolazione per la prevista penetrazione della linea AV/AC” sono stati realizzati n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di piezometri a tubo aperto tipo Norton, prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 7 si riporta il dettaglio dei sondaggi realizzati.

Tabella 7. Campagna geognostica ITALFERR 2019

Sondaggio	Quota (m)	Coordinate		SPT	Campioni rim.	Prove Lefranc	Strumentazione
		Gauss Boaga X	Gauss Boaga Y				
BH1	67.0	1.655.351.007	5.032.474.621	7	3	2	Piezometro Norton 3”
BH2	65.0	1.655.117.780	5.032.346.305	8	3	2	Piezometro Norton 3”

Per i certificati stratigrafici si rimanda al report IN1A20D69SGGE0005005A “Indagini pregresse fabbricato IS di Verona 2019” del giugno 2019, per i certificati di laboratorio si rimanda al report IN1A20D69PRGE0005005A “Prove di laboratorio campagne pregresse”

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

4.2 CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2020

Nel mese di febbraio 2020, è stato eseguito n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo (fino alla profondità di 50,00 m da p.c.) con esecuzione delle seguenti prove in foro:

- n. 7 prove SPT;
- n. 2 prove di permeabilità tipo Lefranc;
- n. 2 prove pressiometriche con pressiometro Menard.

Durante la perforazione sono stati prelevati n. 1 campione indisturbato e n. 6 campioni rimaneggiati.

In Tabella 8 si riporta il dettaglio del sondaggio e della strumentazione installata.

Tabella 8. Campagna geognostica ITALFERR 2020

Sondaggio	Perforazione	Profondità (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Prove Lefranc	Strumentazione
VR-01	Carotaggio	50	1	6	7	2	Tube PVC 3" Down-Hole

Per i certificati stratigrafici si rimanda al report IN1A20D69SGGE0005004A “Sondaggio geognostico e prove in sito 2020 per il P.P. del Modello Fisico Nuovo Ponte sul Fiume Adige”, per i certificati di laboratorio si rimanda al report IN1A20D69PRGE0005004A “Prove di laboratorio campagna 2020 – Modello Fisico Nuovo Ponte sul Fiume Adige”.

4.3 CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2020-2021 – VERONA OVEST

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, nel periodo compreso tra ottobre 2020 e febbraio 2021, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell’ingresso Ovest di Verona”, sono stati eseguiti in totale n. 25 sondaggi geognostici (Tabella 9). In particolare, sono stati realizzati:

- n. 21 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove in foro, di tipo S.P.T., prove di permeabilità tipo Lefranc ed installazione di strumentazione per il monitoraggio geotecnico (piezometri Tubo Aperto tipo Norton) e geofisico (tubazione *Down-Hole*).
- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo con esecuzione di prove di permeabilità tipo Lefranc e installazione di strumentazione per il monitoraggio geofisico (tubazione *Down-Hole*).

Ai fini del presente studio sono stati utilizzati i risultati ricavati dai soli sondaggi elencati in Tabella 9.

Tutte le lavorazioni sono state precedute dal rilievo di masse metalliche in superficie e in foro.

Tabella 9. Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021

Sondaggio	Perforazione	Profondità (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Prove Lefranc	Strumentazione
S6	Carotaggio	40	-	9	12	3	Piezometro Tubo Aperto 2"
S7	Carotaggio	40	-	7	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2"
S7-bis	Carotaggio+ distruzione	40	-	-	-	1	Tubo P.V.C. 3" Down-Hole
S8	Carotaggio	40	-	10	11	4	Piezometro Tubo Aperto 2"

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Sondaggio	Perforazione	Profondità (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Prove Lefranc	Strumentazione
S9	Carotaggio	40	-	9	14	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S10	Carotaggio	40	-	4	13	5	Foro ritombato
S11	Carotaggio	40	-	7	9	2	Piezometro Tubo Aperto 2”
S12	Carotaggio	42	1	1	10	2	Piezometro Tubo Aperto 2”
S13	Carotaggio	50	-	7	13	5	Piezometro Tubo Aperto 2”
S14	Carotaggio	42	-	10	9	4	Piezometro Tubo Aperto 2”
S15	Carotaggio	40	1	5	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S16	Carotaggio	40	-	3	9	5	Piezometro Tubo Aperto 2”
S16-bis	Carotaggio+ distruzione	40	-	-	-	-	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S19	Carotaggio	40	1	7	13	5	Piezometro Tubo Aperto 2”
S20	Carotaggio	40	-	7	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S21	Carotaggio	40	-	8	13	4	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S22	Carotaggio	40	-	8	13	4	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S23	Carotaggio	40	1	7	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda al report IN1A20D69SGGE0005003A “Report campagna indagini 2020 - 21 “Verona Ovest”.

4.3.1 Prove di laboratorio ITALFERR 2020-2021

Nel corso della campagna geognostica sono stati prelevati campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico. Vista la natura incoerente delle unità litologiche sono stati prelevati, principalmente, campioni rimaneggiati.

Sui campioni sono state effettuate le seguenti prove:

- Apertura campione (ASTM D 2488/93);
- Analisi Granulometrica (ASTM D422/63 – Class. AGI 1977);
- Classificazione terreno USCS (ASTM D 2487/93);
- Classificazione terreno CNR-UNI 10006 (in accordo con AASHTO).

Per i certificati di laboratorio si demanda al documento IN1A20D69PRGE0005003A “Prove di laboratorio – PD Ingresso Verona Ovest”.

4.4 CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2020-2021- INGRESSO VERONA OVEST

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell’ingresso Ovest di Verona”, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

- n. 8 acquisizioni sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi., identificate con sigle da M1/R1 a M8/R8, finalizzate alla determinazione dei parametri V_{seq} e alla definizione delle categorie sismiche dei suoli di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018. Le prove sono state caratterizzate da stendimenti di n. 24 geofoni posizionati ad intervalli regolari di 3.0 m (da M2/R2 a M8/R8) e 5.0 m (M1/R1).
- n. 8 prove sismiche passive di tipo H.V.S.R. denominate da HV1 a HV8, finalizzate alla definizione delle frequenze di risonanza di sito nonché alla verifica congiunta degli eventuali contrasti di impedenza sismica osservati nelle rispettive prove di tipo M.A.S.W./Re.Mi. per la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico in termini di velocità V_s ;
- n. 5 prove sismiche di tipo *Down-Hole*, denominate DH1, DH2, DH7, DH16 e DH21, realizzate rispettivamente nei fori di sondaggio opportunamente attrezzati S1bis, S2bis, S7bis, S16bis e S21 terebrati fino alle profondità di 40.0 m (S1bis, S7bis, S16bis e S21) e 50.0 m (S2bis), finalizzati alla definizione dei profili di velocità V_p , V_s e alla determinazione dei parametri V_{seq} ai sensi delle N.T.C. 2018, nonché dei moduli dinamici dei terreni carotati.

Ai fini del presente progetto saranno prese in considerazione n. 6 prove M.A.S.W. (da M3/R3 a M8/R8) e H.V.S.R. (da HV3 a HV8) e n. 2 prove *Down-Hole* (S16bis e S21).

Per i certificati delle indagini geofisiche ITALFERR 2020-2021 si rimanda al report IN1A20D69IGGE0005002A “Report indagini campagna geofisica PD Verona Ovest” dell’aprile 2021.

4.4.1 Prove sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi.

In riferimento alle prove MASW, in Tabella 10 è riportato il valore di V_{seq} calcolato, con relativa profondità di misura e conseguente categoria di suolo sismico, per le sole prove eseguite all’interno dell’area di interesse.

Tabella 10. Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2021: valori di V_{seq} (m/s) e relativa categoria di sottosuolo delle prove sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi.

Sigla Prova	V_{seq} (m/sec)	Profondità di riferimento (m)	Categoria suolo
M3/R3	561	30	B
M4/R4	452	30	B
M5/R5	476	30	B
M6/R6	492	30	B
M7/R7	333	30	C
M8/R8	538	30	B

4.4.2 Prove sismiche passive di tipo H.V.S.R.

Le misure H.V.S.R. eseguite hanno permesso di evidenziare, in alcune prove, dei picchi significativi di rapporto spettrale con possibile significato stratigrafico (nel range di frequenze di interesse ingegneristico 1-20 Hz). Tali picchi hanno consentito di determinare le frequenze fondamentali di vibrazione di sito f_0 riassunte in Tabella 11, per le sole prove ricadenti all’interno dell’area di interesse.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Tabella 11. Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2021: frequenze fondamentali di vibrazione del sito (f_0) relative a picchi spettrali di possibile significato stratigrafico

Sigla Prova	f_0
HV3	-
HV4	14.84 Hz
HV5	-
HV6	16.56 Hz
HV7	6.56 Hz
HV8	-

4.4.3 Prove Down-Hole

L'analisi dei dati relativi alle velocità delle onde di taglio (V_s) ha consentito di definire le categorie sismiche dei suoli come indicato in Tabella 12.

Tabella 12. Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2021: valori di V_{seq} (m/s) e relativa categoria di sottosuolo delle n.5 prove sismiche di tipo Down-Hole

Sigla Prova	V_{seq} (m/sec)	Profondità di calcolo (m dal p.c.)	Categoria suolo
DH-S16	498	0-30	B
DH-S21	520	0-30	B

4.5 CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2021 – PD INGRESSO VERONA EST

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2021, nel periodo compreso tra febbraio e maggio, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell’ingresso Est di Verona”, sono stati eseguiti in totale n. 17 sondaggi geognostici a carotaggio continuo e distruzione di nucleo (Tabella 13).

Per i certificati delle prove si rimanda all’elaborato IN1A20D69SGGE0005001A “Report tecnico: stratigrafie e prove in sito”.

Tabella 13. Campagna geognostica ITALFERR 2021 – Verona Est

Sondaggio	Perforazione	Prof. (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Prove Lefranc	Prove MPT	Strumentazione (m)
SD2	Carotaggio	40	-	8	14	4	-	Piezometro T.A. 2’’ (40.00)
SD2bis	Carotaggio + Distruzione	40	-	-	-	-	-	Tubo PVC 3’’ per Down-Hole (40.00)
SD3	Carotaggio	40	1	4	12	5	-	Piezometro T.A. 2’’ (40.00)
SD4	Carotaggio	40	1	7	14	5	-	Piezometro T.A. 2’’ (40.00)
SD5	Carotaggio	40	1	5	14	4	-	Foro ritombato
SD6	Carotaggio	40	2	6	14	4	-	Foro ritombato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Sondaggio	Perforazione	Prof. (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Prove Lefranc	Prove MPT	Strumentazione (m)
SD7	Carotaggio	40	1	5	14	4	1	Foro ritombato
SD8	Carotaggio	40	1	6	14	5	1	Foro ritombato
SD9	Carotaggio	40	1	6	13	4	1	Piezometro T.A. 2'' (40.00)
SD10	Carotaggio	40	1	5	14	5	-	Piezometro T.A. 2'' (40.00)
SD10bis	Carotaggio + Distruzione	40	-	-	-	-	-	Tubo PVC 3'' per Down-Hole (40.00)
SD12	Carotaggio	40	1	6	14	4	-	Piezometro T.A. 2'' (40.00)
SD13	Carotaggio	40	1	7	14	4	-	Piezometro T.A. 2'' (40.00)
SD13bis	Carotaggio + Distruzione	40	-	-	-	-	-	Tubo PVC 3'' per Down-Hole (40.00)
SD14	Carotaggio	40	-	9	14	4	-	Piezometro T.A. 2'' (40.00)
SD15	Carotaggio	40	-	8	14	5	-	Piezometro T.A. 2'' (40.00)
SD15bis	Carotaggio + Distruzione	40	-	-	-	-	-	Tubo PVC 3'' per Down-Hole (40.00)

4.5.1 Prove di laboratorio ITALFERR 2021

Nel corso della campagna geognostica sono stati prelevati campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico. Vista la natura incoerente delle unità litologiche sono stati prelevati, principalmente, campioni rimaneggiati.

Sui campioni sono state effettuate le seguenti prove:

- Apertura campione (ASTM D 2488/93);
- Analisi Granulometrica (ASTM D422/63 – Class. AGI 1977);
- Classificazione terreno USCS (ASTM D 2487/93);
- Classificazione terreno CNR-UNI 10006 (in accordo con AASHTO).

Per i certificati delle prove si rimanda al report IN1A20D69PRGE0005001A “Prove di laboratorio”.

4.6 CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2021

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2021, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell’ingresso Est di Verona”, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

- n. 9 acquisizioni sismiche di tipo MASW, finalizzate alla determinazione dei parametri V_{seq} e alla definizione delle categorie sismiche dei suoli di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018. Le prove sono state caratterizzate da stendimenti di n. 24 ricevitori da 4.5 Hz con spaziatura di 2.5 metri per un totale di 57.5 metri cadauna. Le misure sismiche attive relative alle onde di superficie sono state elaborate congiuntamente con le rispettive prove HVSR.
- n. 12 prove sismiche passive di tipo HVSR, finalizzate alla definizione delle frequenze di risonanza di sito nonché alla verifica congiunta degli eventuali contrasti di impedenza sismica osservati nelle rispettive prove di tipo M.A.S.W., per la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico in termini di velocità V_s . Le prove sono state eseguite con tempo di acquisizione di 20 minuti in corrispondenza del centro degli array MASW e in corrispondenza delle 4 prove Down-Hole.
- n. 4 prove sismiche di tipo Down-Hole in foro di sondaggio, finalizzate alla definizione dei profili di velocità V_p , V_s e alla determinazione dei parametri V_{seq} ai sensi delle N.T.C. 2018. Le prove Down Hole sono state eseguite con energizzazioni ad ogni metro di profondità polarizzate sia in onde di compressione (P) che di taglio (S);
- n. 2 stese di sismica tomografica a rifrazione;
- n. 2 tomografie elettriche.

4.6.1 Prove sismiche di tipo M.A.S.W.

I valori di V_{seq} e della profondità del *bedrock* sismico (se presente - 800 m/s) dei terreni investigati sono stati ottenuti dall'elaborazione delle prove MASW. Con tali parametri è possibile caratterizzare i terreni secondo quanto previsto dalla normativa vigente (Decreto Ministeriale 17/01/2018).

In Tabella 14 sono riportati i risultati delle prove, con relativa categoria di suolo sismico.

Tabella 14. Campagna Indagini geofisiche ITALFERR 2021; valori di V_{seq} (m/s) e relativa categoria di sottosuolo delle prove sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi.

Sigla Prova	V_{seq} (m/sec)	Categoria suolo
MASW1	454	B
MASW2	405	B
MASW3	453	B
MASW4	350	C
MASW5	335	C
MASW6	358	C
MASW7	383	B
MASW8	444	B
MASW9	356	C

4.6.2 Prove sismiche passive di tipo H.V.S.R.

Le prove HVSR sono state eseguite in prossimità delle prove MASW e delle prove Down-Hole, per completezza di informazioni, misurando il rumore ambientale e determinando la frequenza naturale di sito e la stima della velocità delle onde sismiche di taglio, per circa 30 metri dal piano campagna.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

I risultati delle prove, con relativa categoria di sottosuolo, sono riportati in Tabella 15.

Tabella 15. Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2021

Sigla Prova	f0 (Hz)	A0 (H/V)	Vseq (m/sec)	Categoria suolo
HVSR219	14.4	2.1	454	B
HVSR216	1.27	2.7	405	B
HVSR218	14.0	2.1	453	B
HVSR212	0.87	3.1	350	C
HVSR213	0.58	1.8	358	C
HVSR214	1.5	2.5	383	B
HVSR217	11.68	1.9	444	B
HVSR162	1.22	3.0	356	C
HVSR 128_SD2	15.20	3.6	426	B
HVSR 126_SD10	16.7	3.2	385	B
HVSR 127_SD13	1.0	2.4	39	B
HVSR 129_SD15	15.54	3.8	439	B

4.6.3 Prove Down-Hole

All'interno di 4 fori di sondaggio opportunamente attrezzati con tubo PVC cementato sono state eseguite prove di tipo Down-Hole, mediante le quali sono stati determinati i logs di velocità delle onde di compressione, taglio e moduli dinamici.

L'analisi dei dati relativi alle velocità delle onde di taglio (Vs) ha consentito di definire le categorie sismiche dei suoli come indicato in Tabella 16.

Tabella 16. Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2021: valori di Vseq (m/s) e relativa categoria di sottosuolo delle n. 4 prove sismiche di tipo Down-Hole

Sigla Prova	VSeq (m/sec)	Profondità (m dal p.c.)	Categoria suolo
SD2	443	39	B
SD10	368	40	B
SD13	366	40	B
SD15	427	40	B

Per i certificati delle prove si rimanda all'elaborato IN1A20D69IGGE0005001A "Report tecnico indagini geofisiche: prove Simica Rifrazione, Elettrica, Down Hole, MASW, HVSR".

4.7 CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2021 – SONDAGGI SUL F. ADIGE

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2021, nel mese di Settembre 2021, sempre inerente il progetto "Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell'ingresso Est di Verona", sono stati eseguiti in totale n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo sul Fiume Adige per la modellazione del Nuovo Ponte (Tabella 17).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Per i certificati delle prove si rimanda all’elaborato IN1A20D69SGGE0005002A “Report tecnico: stratigrafie e prove in sito dei sondaggi nel Fiume Adige”. Per le prove di laboratorio si demanda al documento IN1A20D69PRGE0005002A “Prove di laboratorio geotecniche Fiume Adige”.

Tabella 17. Campagna geognostica ITALFERR 2021 –Sondaggi nel F.Adige

Sondaggio	Perforazione	Prof. (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Prove Lefranc	Prove MPT	Strumentazione (m)
SD1_Adige	Carotaggio	45	-	7	13	4	1	-
SD2_Adige	Carotaggio	45	1	7	14	4	-	-

4.8 SONDAGGI BIBLIOGRAFICI

Ai fini della ricostruzione stratigrafica di sottosuolo dell’area di studio, come premesso, sono stati utilizzati anche i dati derivanti da campagne indagini realizzate da società esterne a ITALFERR, ovvero stratigrafie derivanti da perforazione di pozzi e stratigrafie dedotte da sondaggi a carotaggio continuo. In dettaglio, sono stati utilizzati i seguenti dati:

- n. 5 pozzi PAT del Comune di Verona;
- n. 1 pozzi del Comune di Verona (con misura piezometrica);
- n. 2 campi pozzi ad uso acquedottistico di Acque Veronesi;
- n. 25 stratigrafie di pozzi della Regione Veneto;
- n. 1 stratigrafia di sondaggio della Regione Veneto.

In Tabella 18 si riporta il dettaglio delle stratigrafie sopra elencate.

Tabella 18. Dettaglio sondaggi e pozzi bibliografici recuperati dagli enti

Codice sondaggio/pozzo	Tipologia di indagine	Profondità (m)	Stratigrafia	Ente
86	sondaggio per pozzi	51	SI	Pozzi Comune di Verona
131	pozzo freatico	-	NO	Pozzi PAT Comune di Verona
132	pozzo freatico	-	NO	Pozzi PAT Comune di Verona
212	pozzo freatico	-	NO	Pozzi PAT Comune di Verona
213	pozzo freatico	-	NO	Pozzi PAT Comune di Verona
237	pozzo freatico	-	NO	Pozzi PAT Comune di Verona
464	sondaggio per pozzi	69	SI	Regione Veneto
470	sondaggio per pozzi	76	SI	Regione Veneto
479	sondaggio per pozzi	92	SI	Regione Veneto
70401	sondaggio per pozzi	76	SI	Regione Veneto
71187	sondaggio per pozzi	26	SI	Regione Veneto
71554	sondaggio per pozzi	66	SI	Regione Veneto
71555	sondaggio per pozzi	68	SI	Regione Veneto
71556	sondaggio per pozzi	95	SI	Regione Veneto

Codice sondaggio/pozzo	Tipologia di indagine	Profondità (m)	Stratigrafia	Ente
71557	sondaggio per pozzi	114	SI	Regione Veneto
71558	sondaggio per pozzi	122	SI	Regione Veneto
71559	sondaggio per pozzi	130	SI	Regione Veneto
71306	sondaggio per pozzi	60	SI	Regione Veneto
71309	sondaggio per pozzi	29	SI	Regione Veneto
71842	sondaggio per pozzi	49	SI	Regione Veneto
71543	sondaggio per pozzi	81.5	SI	Regione Veneto
71545	sondaggio per pozzi	105	SI	Regione Veneto
71942	sondaggio per pozzi	60	SI	Regione Veneto
71943	sondaggio per pozzi	57	SI	Regione Veneto
71944	sondaggio per pozzi	86.9	SI	Regione Veneto
71945	sondaggio per pozzi	68.5	SI	Regione Veneto
71947	sondaggio per pozzi	87	SI	Regione Veneto
71949	sondaggio per pozzi	95	SI	Regione Veneto
71950	sondaggio per pozzi	59	SI	Regione Veneto
71951	sondaggio per pozzi	76	SI	Regione Veneto
165691	sondaggio per pozzi	130	SI	Regione Veneto
123160002	carotaggio continuo	70	SI	Regione Veneto
Santa Lucia	campo pozzi		NO	Pozzi Acque Veronesi
Basso Acquar	campo pozzi		NO	Pozzi Acque Veronesi

Per i certificati stratigrafici e tabelle di sintesi si rimanda al documento di progetto IN1A20D69SGGE0005008A “Stratigrafie e pozzi bibliografici”.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

5 GEOLOGIA

Dal punto di vista geologico generale, l'area di progetto si inserisce nell'ambito dell'Alta Pianura Veronese, al piede dei Monti Lessini, in corrispondenza delle propaggini meridionali delle Prealpi Vicentine (appartenenti alla Prealpi Venete). L'assetto geologico attuale è direttamente connesso non solo alle fasi deformative compressive del Tardo Cretaceo che hanno interessato l'arco alpino, ma anche alla sua evoluzione geomorfologica recente, guidata in larga misura dalle fasi glaciali quaternarie.

In questo settore si osservano essenzialmente tre distinti elementi geologico-strutturali: la Catena Alpina, il Bacino del Po e la Catena Appenninica. Le principali unità stratigrafico-strutturali che costituiscono il settore in esame corrispondono alle formazioni rocciose delle Alpi Meridionali e ai depositi di materiali sciolti quaternari della Pianura padano-veneta.

Più in dettaglio, il territorio della Provincia di Verona può essere distinto in due differenti settori:

1. settore collinare-montuoso: è caratterizzato dalla presenza dei Monti Lessini, rilievi prevalentemente calcarei degradanti verso le zone di pianura e immergenti verso sud al di sotto dei depositi alluvionali dell'Alta Pianura. L'altopiano lessineo, costituito da una successione litoide di età compresa fra il Triassico Superiore e il Paleocene-Eocene, è solcato longitudinalmente da estese e strette incisioni vallive disposte a ventaglio aperto verso sud confluenti nell'Alta Pianura dell'Adige, il cui orientamento sembra coincidere con quello delle direttrici tettoniche della regione (ISPRA, 1967);
2. pianura alluvionale del fiume Adige: l'evoluzione geomorfologica e geologica della pianura veronese è legata principalmente all'interazione fra agenti e fattori morfogenetici: il fiume Adige, le oscillazioni climatiche del Quaternario e le conseguenti variazioni di portata del corso d'acqua a carattere fluvio-glaciale. L'alternanza di fasi di espansione e di ritiro del ghiacciaio che occupava il Lago di Garda e la Val d'Adige, con le conseguenti variazioni del flusso idrico e del trasporto solido, hanno determinato la costruzione dello spesso materasso alluvionale denominato Antica Conoide dell'Adige, che si estende, con tipica forma a ventaglio, dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago. Fra la parte apicale del conoide, caratterizzata da granulometrie prevalentemente grossolane (Alta Pianura), e la parte più distale (Media e Bassa Pianura) si osserva una progressiva diminuzione granulometrica dei depositi. La stessa variazione granulometrica è osservabile anche tra le porzioni assiali e periferiche del conoide (ISPRA, 1967). Il conoide è inoltre diviso da una profonda incisione, nota come "piano di divagazione dell'Adige", che assume una notevole ampiezza proprio a partire dalla città di Verona (Sorbini et al., 1984).

Pertanto, l'area di studio ricadente nell'Alta Pianura Veronese è costituita da una vasta piattaforma alluvionale solcata dal fiume Adige, caratterizzata dalla presenza di depositi fluviali e fluvio-glaciali antichi e recenti, prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi disposti in ampie conoidi.

Le caratteristiche delle unità geologiche presenti nell'area sono intimamente legate agli elementi geomorfologici riconosciuti in superficie e, complessivamente, sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi avvenuti tra le fasi finali del Pleistocene e l'Attuale, ovvero negli ultimi 150.000 anni circa.

Dall'analisi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 49 - Verona (Figura 2 - Figura 3) e Foglio 48 - Peschiera del Garda (Figura 4 - Figura 5) il cui è collocato la quasi totalità del tracciato ferroviario in progetto, il sottosuolo dell'area di studio è costituito da sedimenti alluvionali fluvio-glaciali e fluviali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

deposti dall'antico fiume Adige al termine del percorso montano. In dettaglio, da ovest verso est, nei Fogli sopra citati affiorano:

- fg^{R2} : alluvioni fluvioglaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazzate, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura, generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda. RISS;
- fg^{R3} : alluvioni fluvioglaciali e fluviali, ghiaiose, con terreno argilloso rossastro di alterazione superficiale. Terrazzate e sospese sui 25 metri, si raccordano con le cerchie più interne del morenico Riss. RISS RECENTE;
- a^2 : alluvioni sabbioso, ghiaiose, terrazzate, antiche;
- a^3 : alluvioni prevalentemente sabbiose, attuali e recenti dell'Adige.

Nel Foglio 48 - Peschiera del Garda, a nord dell'area di interesse, nei pressi dell'abitato di Pescantina, è ubicata la sezione stratigrafica I (riportata in stralcio in Figura 4); interessante è il passaggio tra le alluvioni fluvioglaciali del RISS (fg^{R2}) e le alluvioni fluvioglaciali del RISS RECENTE (fg^{R3}).

Le informazioni riportate nella cartografia geologica disponibile sono state confermate dai dati geognostici derivanti dalle indagini realizzate a supporto delle varie fasi di progettazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di un potente materasso alluvionale costituito in gran parte da depositi di notevole spessore di ghiaie e ghiaie sabbiose, intercalate, subordinatamente, a sabbie e rari livelli limosi e argillosi.

Più a sud dell'area di interesse, nella media e bassa pianura, le ampie conoidi ghiaiose dell'Adige si intercalano con i depositi sabbiosi, limosi e argillosi dando luogo alla "fascia delle risorgive".

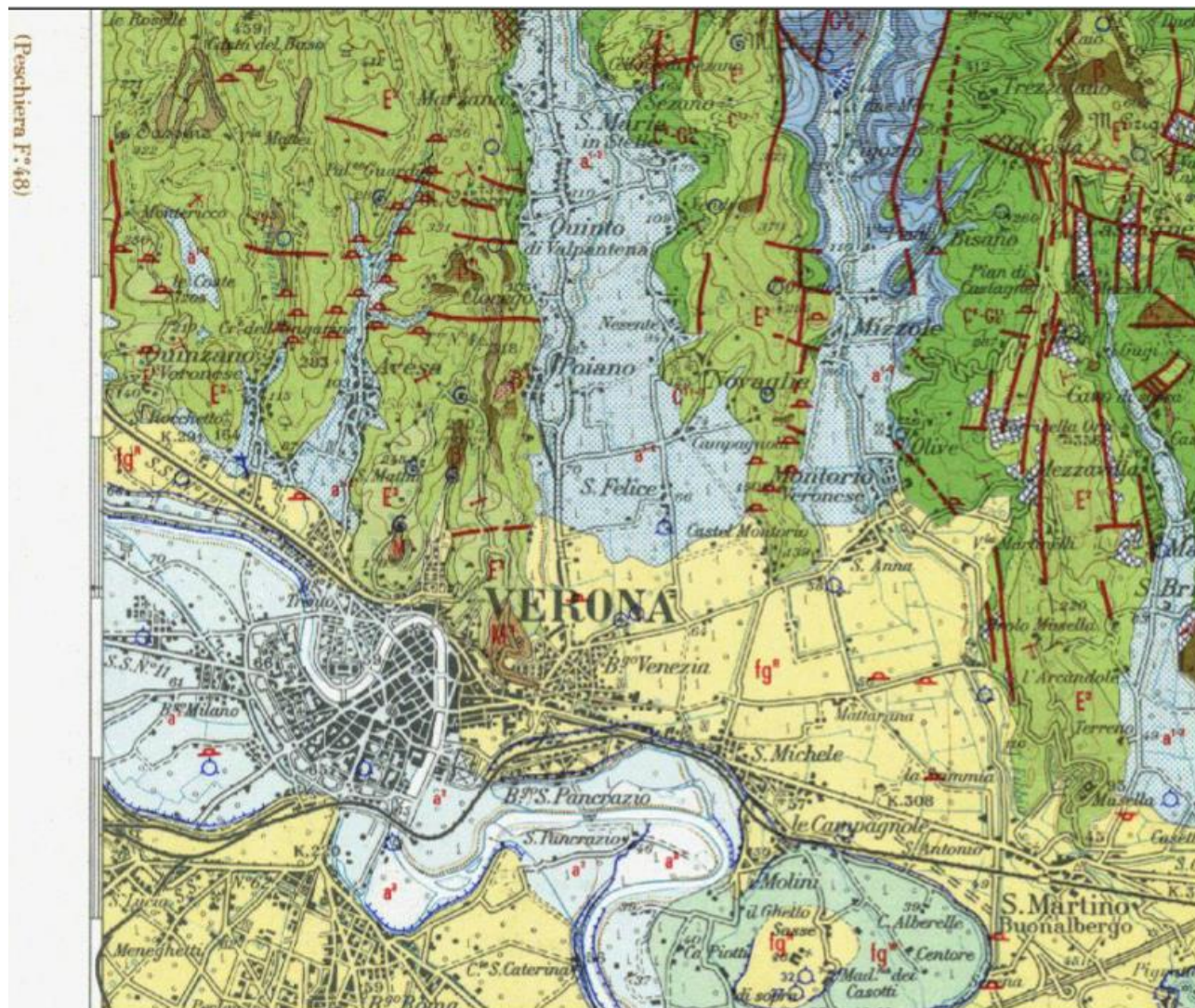

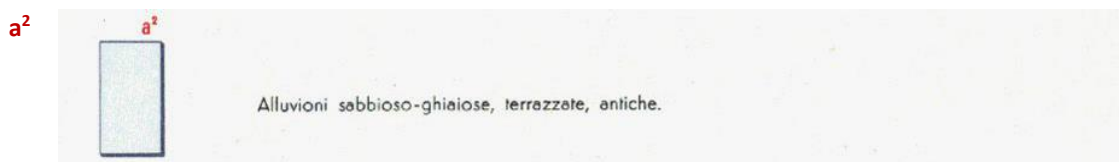
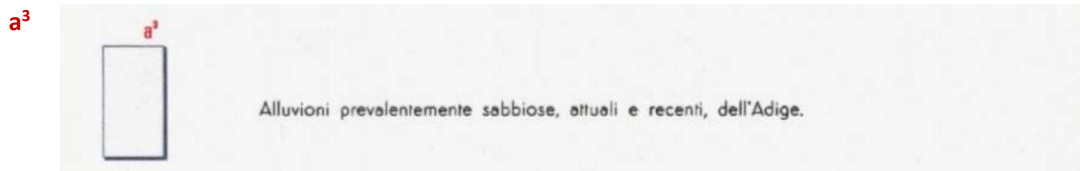


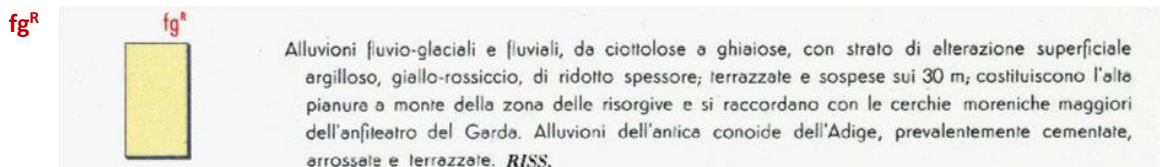
Figura 2. Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 49 Verona (stralcio non in scala), (S.G.I. 1967)

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

OLOCENE



PLEISTOCENE



Simbologia convenzionale

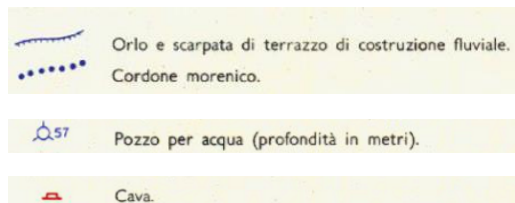


Figura 3. Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 49 Verona, (S.G.I. 1967)

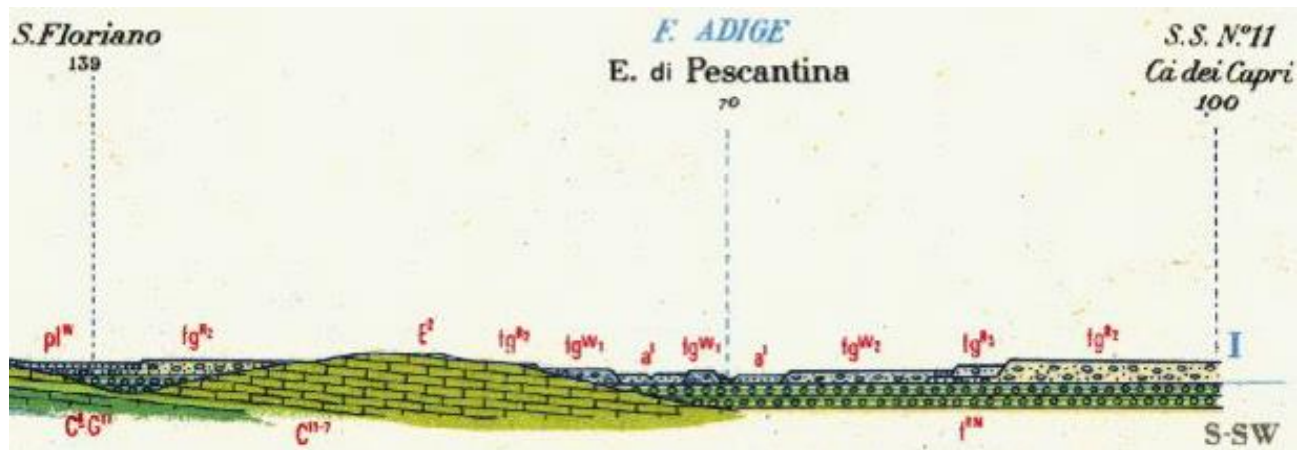
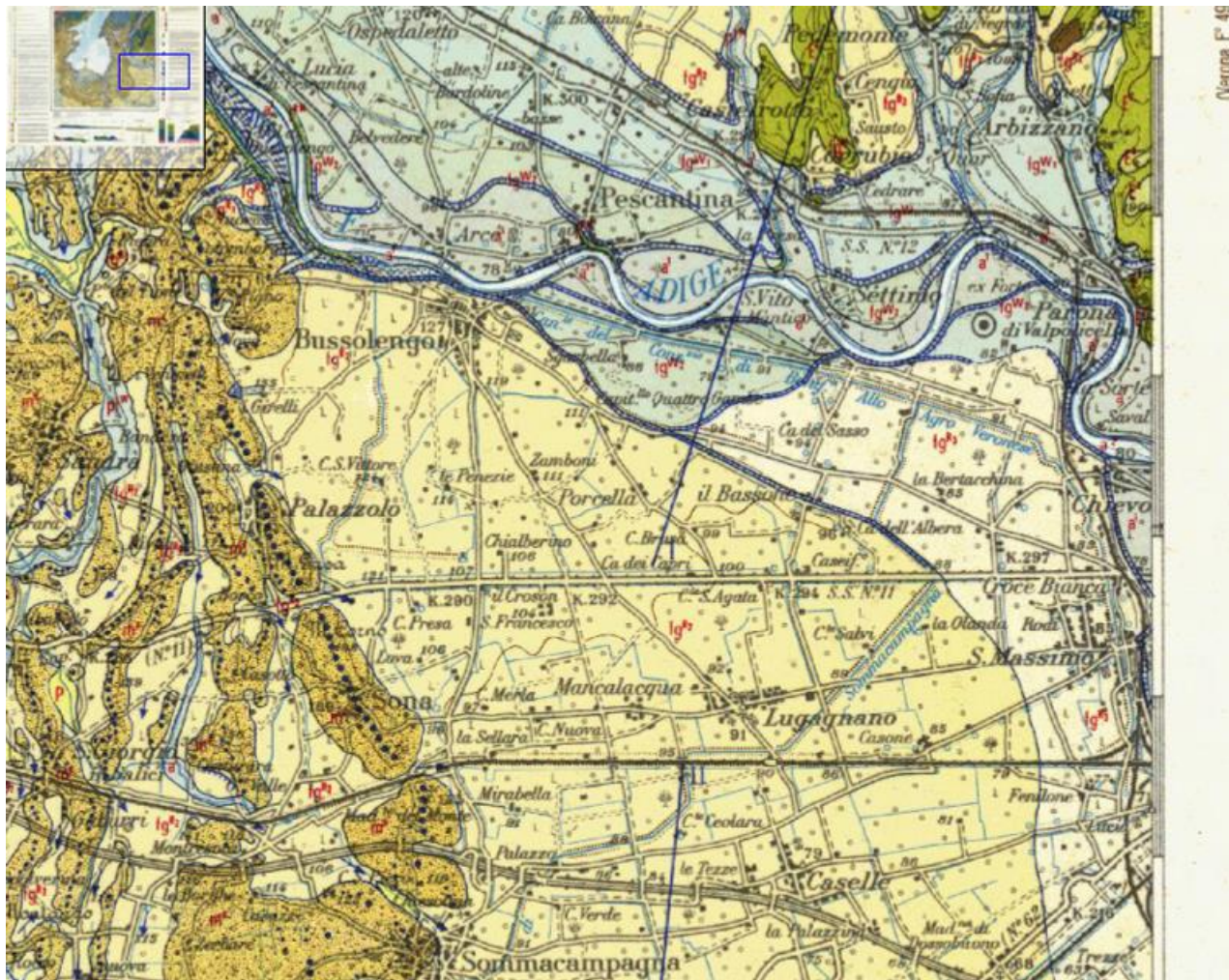


Figura 4. Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 48 - Peschiera del Garda e sezione geologica I (stralci non in scala), (S.G.I. 1969)

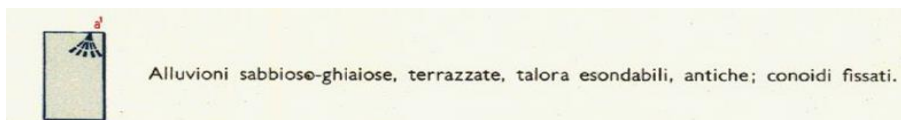
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

OLOCENE

a²

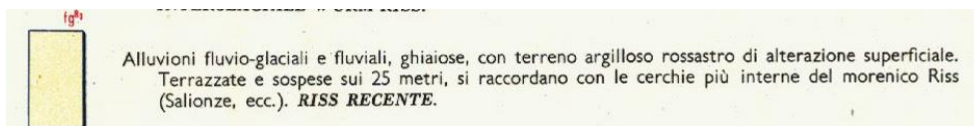


a¹

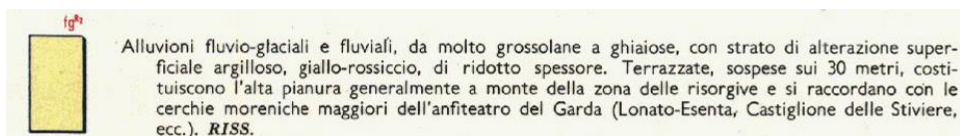


PLEISTOCENE

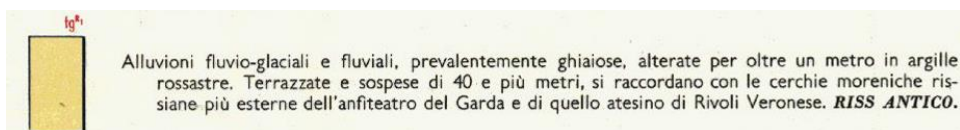
fg^{R3}



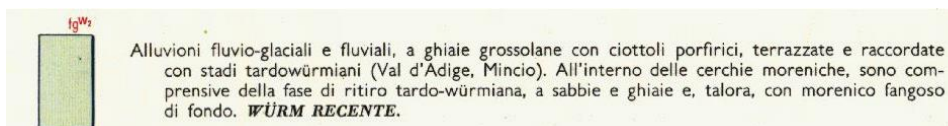
fg^{R2}



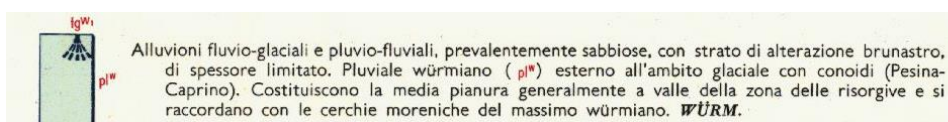
fg^{R1}



fg^{W2}

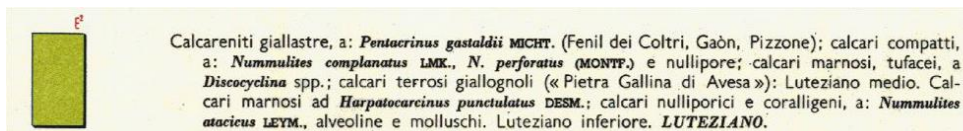


fg^{W1}



EOCENE

E²



Simbologia convenzionale

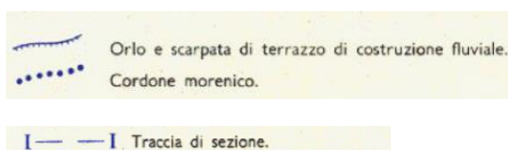


Figura 5. Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 48 Peschiera del Garda (S.G.I. 1969)

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Recenti studi indicano che i depositi fluvioglaciali affioranti sono più recenti di quanto indicato nella legenda della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, per la quale i depositi fluvioglaciali sono databili Riss e Riss Recente (Fontana et al., 2014). Infatti, i sedimenti più antichi, datati mediante analisi pollinica, risalgono al Riss-Würm e si trovano ad una quota inferiore a 78 m al di sotto del livello del mare. Ciò testimonia l'esistenza di un fenomeno di subsidenza posteriore a tale fase interglaciale. L'analisi pollinica ha evidenziato poi la presenza di vari livelli, riferibili sia a vari stadi del Würm che a interstadi. La cronologia è confermata dall'esecuzione di datazioni con il metodo del 14C. Questi sedimenti sono costituiti principalmente da ghiaie e sabbie, che verso SE passano gradualmente a sedimenti più fini (Sorbini et al., 1984).

La fase finale di costruzione del conoide è sicuramente posteriore a 25.000 anni B.P. e forse collocabile in corrispondenza della massima espansione dei ghiacciai würmiani. Successivamente, il conoide è stato inciso dall'Adige, che ha formato un ampio solco all'interno del quale è rimasto poi confinato. Nella zona di Verona l'entità dell'erosione verticale è pari a circa 25 m. A causa di successive variazioni delle sue caratteristiche idrologiche, l'Adige ha poi assunto andamento meandriforme (Sorbini et al., 1984).

I sedimenti fini affioranti a SE di Verona testimoniano i più recenti episodi di esondazione dell'Adige, datati sia con il 14C che con l'individuazione di livelli archeologici (Sorbini et al., 1984).

In riferimento al lavoro di Fontana et al., 2014, si rimanda alla Figura 7 in cui sono indicate in viola le morene, in violetto la superficie fluvioglaciale LGM (=Würm) e in verde il tardoglaciale/Olocene.

Tutte le morene datate Riss nella Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 48 - Peschiera del Garda, sono in realtà riferibili all'Ultimo Massimo Glaciale.

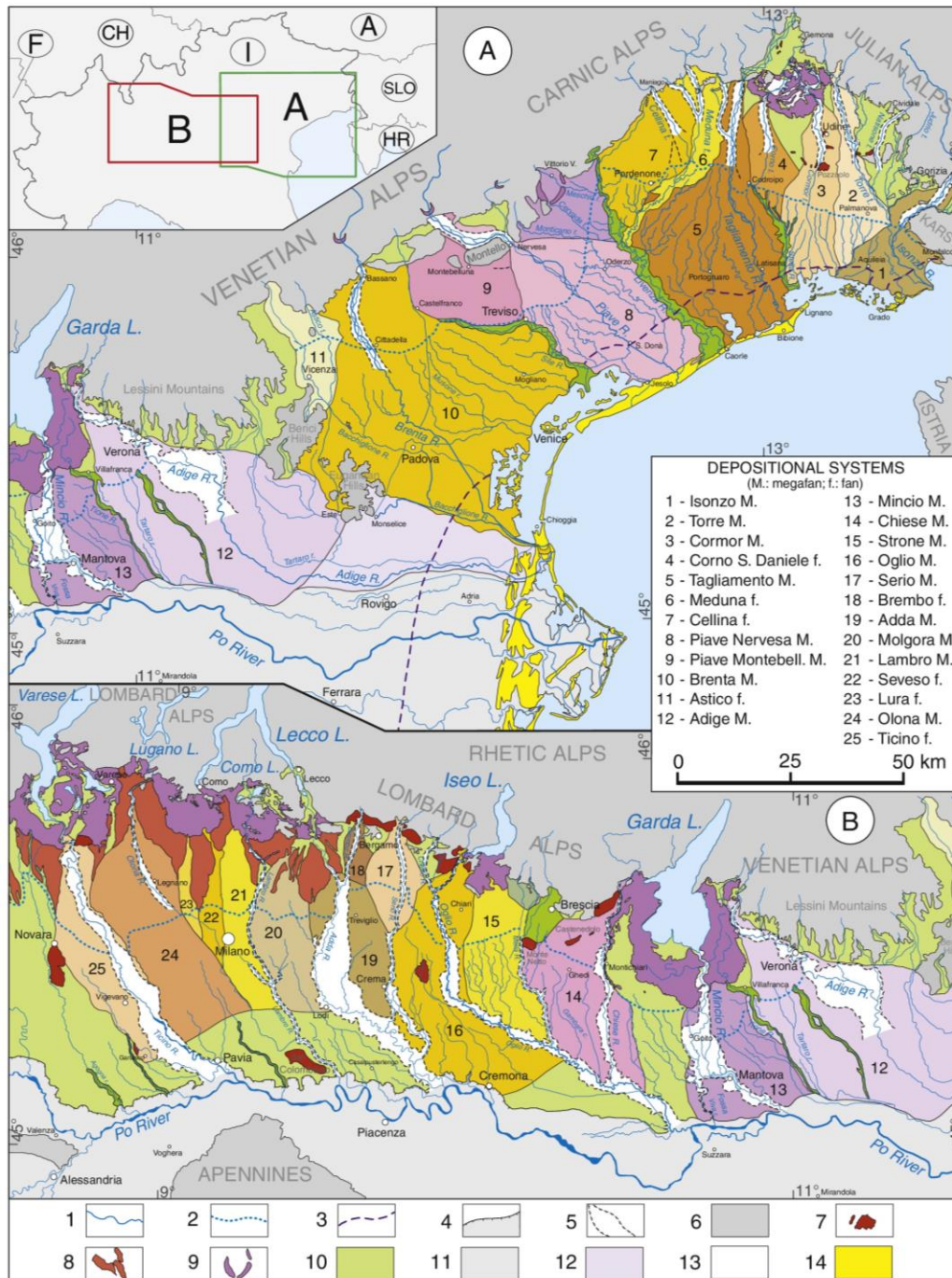


Figura 6. Schema dei principali sistemi di megafan fluvio-glaciali lungo il margine meridionale delle Alpi. Legenda: 1. Fiume; 2. Limite superiore della fascia delle risorgive; 3. Scarpata fluviale; 4. Limite interno dei depositi di laguna olocenica; 5. Montagne e rilievi; 6. Terrazzi tettonici; 7. Depositi alluvionali del Pleistocene medio-inf. (“ferretto” Auctorum); 8. Anfiteatro morenico; 9. Depositi LGM indifferenziati; 10. Incisioni fluviali post-LGM; 11. Piana del Po; 12. Piana alluvionale dell’Adige; 13. Unità alluvionali legate ai principali fiumi alimentati da acque sotterranee; 14. Depositi olocenici di costa (Fontana et al., 2014)

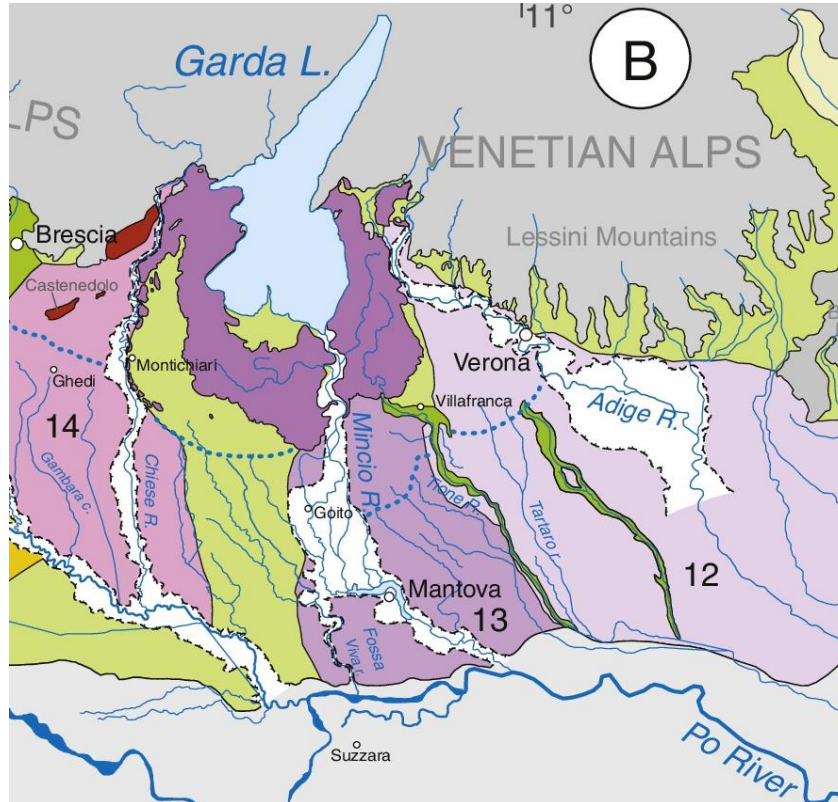


Figura 7. Ingradimento dei sistemi di megafan fluvio-glaciali de fiumi Adige, Mincio e Chiese (particolare della figura precedente; Fontana et al., 2014)

5.1 ASSETTO STRATIGRAFICO DELL'AREA IN ESAME

Con riferimento agli elaborati di cartografia geologica in scala 1:2000, la stratigrafia dei termini affioranti e/o rinvenuti nei sondaggi, è rappresentata dalle seguenti unità, descritte dalle più vecchie alle più recenti.

5.1.1 Depositi quaternari

Il Quaternario comprende unità derivanti da fenomeni glaciali e da fenomeni trattivi (depositi fluviali, fluvio-glaciali, terrazzi alluvionali). La distinzione della provenienza dei sedimenti è stata condotta mediante l'analisi petrografica della componente ghiaiosa. I depositi di provenienza dal bacino del fiume Adige presentano abbondanti clasti calcareo-dolomitici provenienti dall'erosione delle Dolomiti nord-occidentali. Per la caratterizzazione delle diverse unità è stato adottato un criterio morfo-litostratigrafico, in accordo con i principali dati di letteratura (S.G.I., 1967 e 1969), considerando i relativi processi morfogenetici predominanti (fluviali/alluvionali e di versante).

Le unità che interessano l'area di interesse sono di seguito elencate dalla più antica alla più recente.

- Depositi fluvio-glaciali – Fg^{R2}:
 - litofacies ghiaioso-sabbiosa (Fg^{R21})
 - litofacies sabbiosa (Fg^{R22})
- Depositi fluvio-glaciali – Fg^{R3}:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

- *litofacies* ghiaioso sabbiosa (Fg^{R3}1)
- *litofacies* sabbiosa (Fg^{R3}2)
- *litofacies* limoso-sabbiosa (Fg^{R3}3)
- *litofacies* argillosa-limosa (Fg^{R3}4)
- Depositi alluvionali terrazzati – bn:
 - *litofacies* ghiaioso-sabbiosa (bn1)
 - *litofacies* sabbioso-limosa (bn2)
 - *litofacies* limoso-sabbiosa (bn3)
 - *litofacies* argillosa-limosa (bn4)
- Depositi alluvionali recenti – bb:
 - *litofacies* ghiaioso-sabbiosa (bb1)
 - *litofacies* sabbioso-limosa (bb2)
 - *litofacies* argillosa-limosa (bb4)
- Depositi alluvionali attuali – ba1
- Depositi di riporto antropico – h.

Le caratteristiche litostratigrafiche delle citate unità sono di seguito descritte.

Unità Fg^{R2} – Depositi fluvioglaciali del Würm recente (Pleniglaciale)

Si tratta di un'unità costituita da ghiaie medie/grossolane, poligeniche ed eterometriche (\emptyset max > 6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli (\emptyset max > 10 cm) e a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. La natura dei ciottoli è prevalentemente carbonatica, ma si rinvencono anche clasti di natura metamorfica, vulcanica (porfidi) e plutonica (graniti). Nell'area di sviluppo di progetto possono essere presenti all'interno dell'Unità descritta intercalazioni di livelli limoso-sabbiosa (Fg^{R2}2), che presentano un buon grado di addensamento. Questa Unità è stata intercettata nella maggior parte dei sondaggi a profondità maggiori dei 30m rispetto al piano campagna (campagne ITALFERR, 2020-2021).



Figura 8. Sbancamento in fg^{R2}1, particolare dei clasti di natura calcarea, metamorfica, vulcanica (porfidi) e plutonica (graniti).



Figura 9. Sbancamento in fg^{R21}, zona prossima l'autostrada del Brennero A22



Figura 10. Sondaggio SD2 della campagna geognostica ITALFERR 2021 eseguito in prossimità dei capannoni di Trenitalia: unità fg^{R21}, a profondità maggiori di 35 m da p.c., ricca di ciottoli poligenici ed eterometrici (\varnothing max >6 cm), da angolari ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore avana

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A



Figura 11. Sondaggio SD5 della campagna geognostica ITALFERR 2021: unità fg^{R2}, 38.40÷40.00 m; il materiale si presenta prevalentemente sabbioso-limoso

Unità Fg^{R3} – Depositi fluvioglaciali del Würm Recente

L'unità è costituita da depositi ghiaiosi medio/grossolani (Fg^{R31}), con matrice sabbiosa-limoso e clasti da sub-arrotondati ad arrotondati di dimensione superiore ai 10 cm. La composizione litologica dei clasti è poligenica: sono essenzialmente di natura calcarea, ma sono presenti anche ciottoli di natura ignea e metamorfica. Nella parte basale, a profondità superiori di 30 m, sono presenti intercalazioni sabbiose (Fg^{R32}), limoso-sabbiose (Fg^{R33}) e livelli argilloso-limosi (Fg^{R34}). L'unità basale è databile dalla fase di arretramento glaciale alla fine del Würm recente, come riportano le datazioni del lavoro di Sorbini et al. 1984.

I livelli sabbiosi (Fg^{R32}) sono generalmente moderatamente addensati sono di colore avana. Questa *litofacies* è stata intercettata, in maniera significativa, nei sondaggi S23 e S19 (campagna ITALFERR Verona Ovest 2020-21) e nei sondaggi SD15, SD14 e SD13 (campagna ITALFERR Verona Est 2021), nelle campagne degli anni precedenti nei sondaggi BH1 e BH2.

Le intercalazioni limose-sabbiose (Fg^{R33}) sono meno frequenti delle altre *litofacies*, hanno spessore limitato e ridotta estensione areale.

Gli orizzonti argilloso-limosi (Fg^{R34}) sono quelli maggiormente diffusi all'interno della *litofacies* ghiaiosa e sono particolarmente ricchi di materia organica. Tale *litofacies* potrebbe essere riconducibile alla parte basale dell'unità Fg^{R3} ed è databile a circa 18000anni (et al. 1984); inoltre, essa ha uno spessore ma un'estensione areale che si intercetta in tutti i sondaggi del Nodo di Verona.

Il limite inferiore dell'Unità Fg^{R3} è con l'unità Fg^{R2}, sebbene il passaggio tra le due unità non è ben evidente all'interno di Verona.



Figura 12. Sondaggio SD13, Campagna geognostica ITALFERR 2021, unità fg^{R31}, 5.00÷10.00 m



Figura 13. Sondaggio SD14, Campagna geognostica ITALFERR 2021, unità fg^{R32}, 13.50-15.00 m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A



Figura 14. Sondaggio SD4, Campagna geognostica ITALFERR 2021, unità Fg^{R34}, 30.20-35.00 m

Unità bn – depositi alluvionali terrazzati

Depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre differenti *litofacies* a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico erosivo sulle unità più antiche. Di seguito si descrivono le tre distinte *litofacies*:

(bn1) Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore avana, nocciola, marrone, grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli e blocchi da angolosi a sub-angolosi; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, ocre e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi.

(bn2) Sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche, da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi sabbiosi e limi sabbioso-argillosi a struttura indistinta o debolmente laminata.

(bn3) Limo e limoso argilloso e/o argilloso limosa con tonalità di colore da avana a grigio scuro, con all'interno rare ghiaie poligeniche, da angolose ad arrotondate.

(bn4) Argilla e limoso argilloso limosa di colore scuro; a luoghi si rinvencono passaggi di limi sabbiosi e limi sabbioso-argillosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti resti vegetali.

Si ritiene che l'età di formazione corrisponda alla fine del Pleistocene superiore-Olocene.

 ITOLFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A



Figura 15. Sondaggio SD7, Campagna geognostica ITOLFERR 2021, unità bn1 (ghiaie), intercalazione dell'unità bn2 (sabbie), 7.00-8.00 m



Figura 16. Sondaggio SD7, Campagna geognostica ITOLFERR 2021, unità bn1 (ghiaie), intercalazione dell'unità bn2 (sabbie), 7.00-8.00 m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A



Figura 17. Sondaggio SD7, Campagna geognostica ITALFERR 2021, unità bn3 e bn4 (limoso-argillosa), 15.60-20.00 m

Unità bb – depositi alluvionali recenti

Depositi continentali di canale fluviale, argine e piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da due differenti *litofacies* a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e/o limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante ed con contatto erosivo sulle unità più antiche.

La *litofacies* bb1 è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli e blocchi da angolosi a sub-angolosi e lenti di sabbie ghiaiose; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi.

La *litofacies* bb2 è costituita da sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche, da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi sabbiosi, e rare ghiaie poligeniche, da angolose ad arrotondate.

La *litofacies* bb2 è costituita da sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche, da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi sabbiosi, e rare ghiaie poligeniche, da angolose ad arrotondate.

Tale Unità si intercetta, nell'ultima campagna ITALFERR 2021, nei sondaggi SD5, SD6, SD7 e SD9. L'età di formazione è probabilmente riferibile alla fine dell'Olocene.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A



Figura 18. Sondaggio SD6, Campagna geognostica ITALFERR -2021, unità bb; nella cassa 1 da 2 fino a 5.00 m si nota ciottoli eterometrici in matrice sabbiosa di colore avana.

Unità ba – depositi alluvionali attuali

Depositi continentali di canale fluviale (alveo attivo dell'Adige), area golenale argine e piana inondabile, costituiti da una singola *litofacies* a composizione prevalentemente ghiaiosa, subordinatamente sabbiosa; sono formati da una sabbia ghiaiosa e/o ghiaia con sabbia debolmente limosa di colore marrone chiaro-grigiastro, come evidenza i sondaggi nel fiume S1Adige e S2Adige (campagna ITALFERR 2021).



Figura 19. Sondaggio SD2Adige, Campagna geognostica ITALFERR -2021, unità ba; nella cassa si nota oltre a ciottoli eterometrici ed un alto contenuto di matrice di sabbia

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Depositi antropici (h)

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici riconducibili ad attività antropiche (riporti, riempimenti); sono costituiti da ghiaie di natura poligenica in matrice sabbiosa, come evidenza il sondaggio S19 (campagna ITALFERR, 2020-21).



Figura 20. Sondaggio SD5, Campagna geognostica ITALFERR -2021, unità h; nella cassa si nota oltre a ciottoli eterometrici ed a spigoli vivi con un alto contenuto di sabbia e resti lapidei

6 ASSETTO STRUTTURALE

Relativamente all'assetto strutturale, i Monti Lessini e l'Alta Pianura veronese sono riferibili all'unità tettonica delle Alpi Meridionali o Dominio Sudalpino al passaggio con l'unità del Bacino Padano (Figura 21).

La pianura veneta costituisce la superficie di riempimento, di età terziaria e quaternaria, di un bacino deposizionale che è situato all'estremità nord-occidentale della microplacca adriatica (Figura 22). Si tratta dell'avampaese condiviso fra il settore occidentale delle Alpi meridionali e gli Appennini settentrionali. Le Alpi sono una catena a *thrust* con vergenza sud e sud-orientale sviluppatasi a partire dal Paleogene, mentre gli Appennini sono una catena a *thrust* con vergenza nord-orientale formatasi a partire dal Neogene.

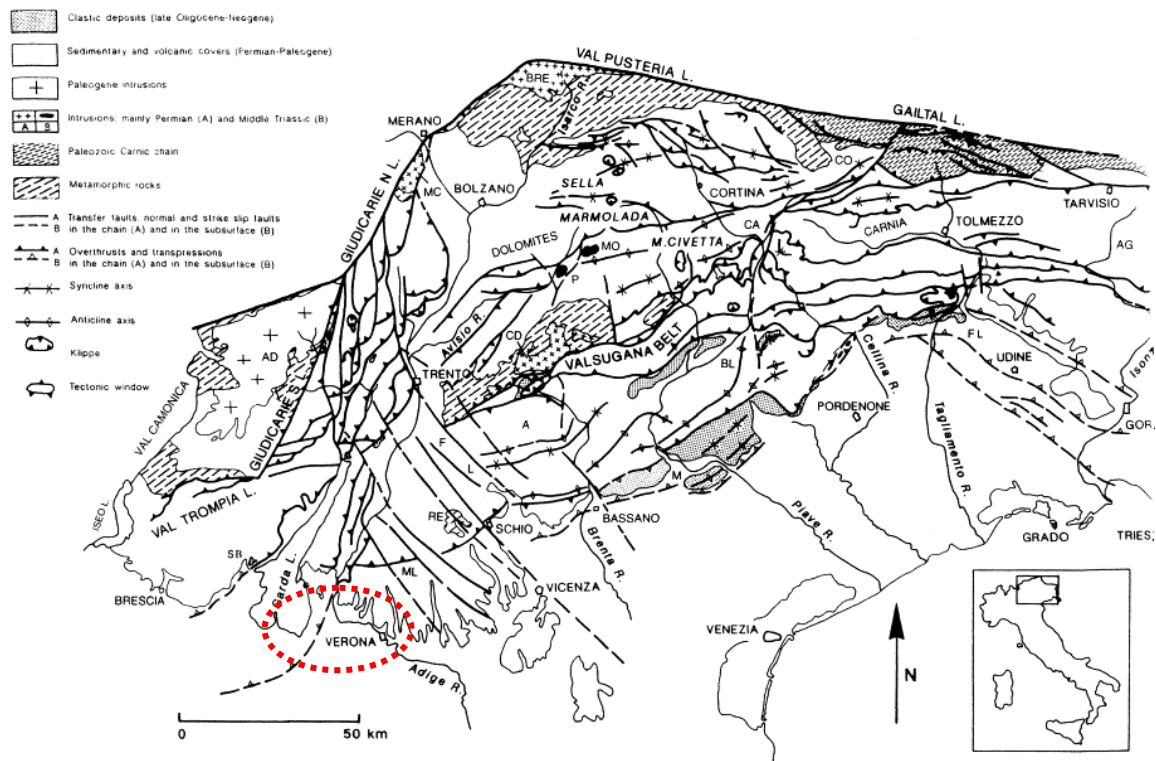


Figura 21. Principali caratteristiche strutturali e tettoniche delle Alpi Centro-Meridionali (a sud della Linea Periadriatica). In rosso è evidenziata l'area di studio

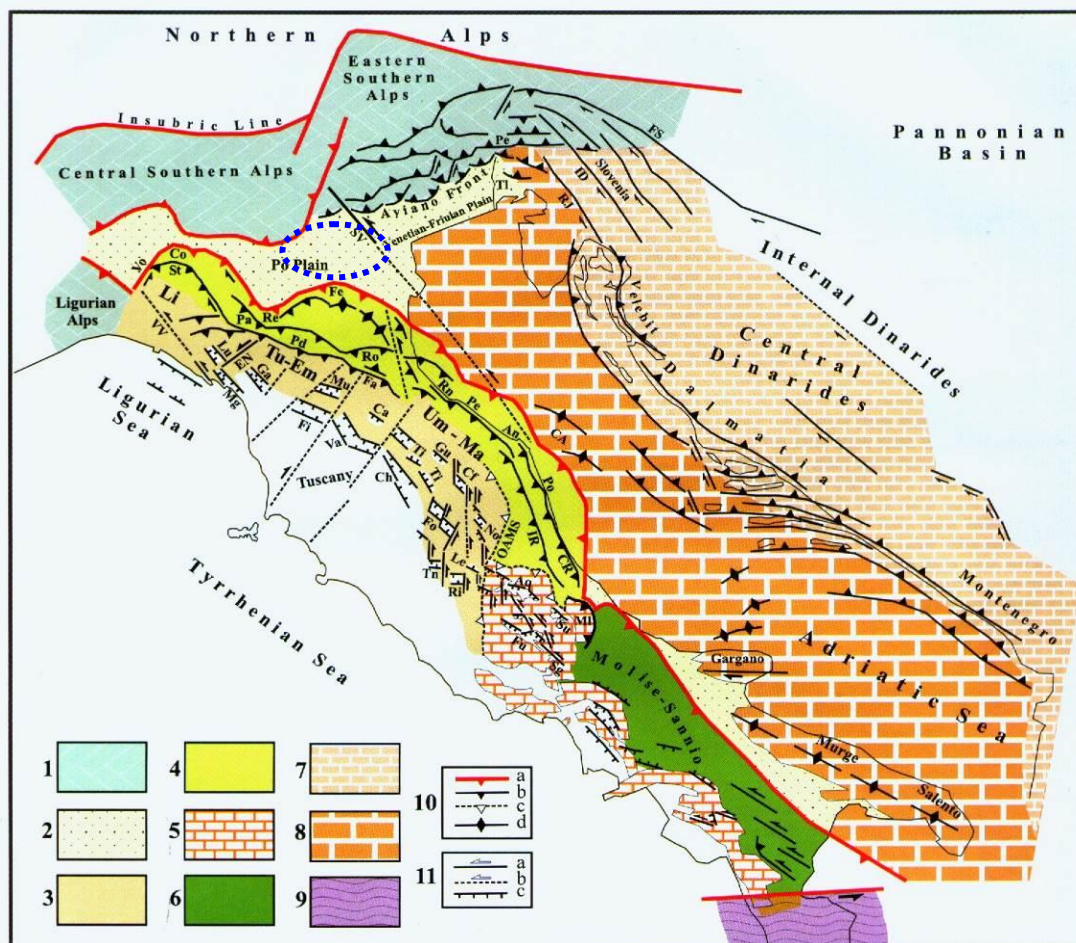


Fig. 4 - Main structural and tectonic features in the Central-Northern Apennines and the northern peri-Adriatic zones. 1) Ligurian and Southern Alps; 2) Foredeep basins; 3, 4) Axial and outer belts of the Northern Apennines; 5) Latium-Abruzzi and Southern Apennines carbonate platforms; 6) Outer belt of the Southern Apennines; 7) Dinarides carbonate platforms; 8) Adriatic foreland; 9) Calabrian Arc; 10) Compressional features: a = outer front of the Alps and Apennines; b,c = active and inactive thrusts, d = fold axes; 11) Transcurrent and extensional features: a, b = active and presumably active strike-slip faults; c = normal faults. Main compressional features: CA = central Adriatic folds; Co = San Colombano-Cremona; CR = Coastal Ridge; Fa = Faenza; Fe = Ferrara; IR = Internal Ridge; OAMS = Olevano-Antrodoco-Monti Sibillini lineament; Pa = Parma; Pd = Pedeaennino; Pe = Periadiatico; Po = Porto S. Giorgio, Re = Reggio Emilia; Ro = Romagna; Rn-Pe-An = Rimini-Pesaro-Ancona; St = Stradella-Fiorenzuola d'Arda; Vo = Voghera-Pavia. Main strike-slip features: EN = Enza; FS = Fella-Sava; ID = Idrja; RJ = Rijeka; SV = Schio-Vicenza; VV = Villalvernia-Varzi. Main extensional/transensional basins: Aq = Aquila; Ca = Casentino; Ch = Chiana; Cf = Colfiorito; Fi = Firenze-Pistoia; Fo = Foligno-Spoleto; Fu = Fucino; Ga = Garfagnana; Gu = Gubbio; Le = Leonessa; Lu = Lunigiana; Mg = Magra; Mu = Mugello; No = Norcia; Ri = Rieti; Sg = Upper Sangro; Su = Sulmona; Ti = Tiber; Tn = Terni; Va = Valdarno; Li = Ligurian Apennines; MI = Maiella; TI = Tagliamento river; Tu-Em = Tuscany-Emilia Apennines; Um-Ma = Umbria-Marche Apennines. Details on tectonic features in the Southern Apennines are given in Figs 1 and 3. See text for explanations.

- Principali caratteristiche strutturali e tettoniche nell'Appennino centro settentrionale e nelle zone periAdriatiche settentrionali. 1) Alpi liguri e meridionali; 2) Avanzofosse; 3, 4) Parti assiali ed esterne dell'Appennino settentrionale; 5) Unità di piattaforma carbonatica dell'Appennino centrale e meridionale; 6) Parte esterna dell'Appennino meridionale; 7) Unità di piattaforma carbonatica delle Dinaridi; 8) Avampaese adriatico; 9) Arco Calabro; 10) Strutture compressive: a = fronte esterno delle Alpi e dell'Appennino, b,c = raccordi attivi ed inattivi, d = assi di pieghe; 11) Faglie trascorrenti e normali: a,b = faglie trascorrenti attive e probabilmente attive; c = faglie normali. Principali strutture compressive: CA = pieghe nell'Adriatico centrale; Co = San Colombano-Cremona; CR = Ridge Costiero; Fa = Faenza; Fe = Ferrara; IR = Ridge interno; OAMS = lineamento Olevano-Antrodoco-Monti Sibillini; Pa = Parma; Pd = Pedeaennino; Pe = Periadiatico; Po = Porto S. Giorgio, Re = Reggio Emilia; Ro = Romagna; Rn-Pe-An = Rimini-Pesaro-Ancona; St = Stradella-Fiorenzuola d'Arda; Vo = Voghera-Pavia. Principali strutture trascorrenti: EN = Enza; FS = Fella-Sava; ID = Idrja; RJ = Rijeka; SV = Schio-Vicenza; VV = Villalvernia-Varzi. Principali bacini estensionali/transensionali: Aq = Aquila; Ca = Casentino; Ch = Chiana; Cf = Colfiorito; Fi = Firenze-Pistoia; Fo = Foligno-Spoleto; Fu = Fucino; Ga = Garfagnana; Gu = Gubbio; Le = Leonessa; Lu = Lunigiana; Mg = Magra; Mu = Mugello; No = Norcia; Ri = Rieti; Sg = Alto Sangro; Su = Sulmona; Ti = Tevere; Tn = Terni; Va = Valdarno. CA = pieghe Centro Adriatiche; Li = Appennino Ligure; MI = Maiella; TI = Tagliamento; Tu-Em = Appennino Tosco-Emiliano; Um-Ma = Appennino Umbro-Marchigiano. Dettagli sulle caratteristiche tettoniche nell'Appennino meridionale sono riportati nelle figg. 1 e 3. Vedi testo per spiegazioni.

Figura 22. Principali caratteristiche strutturali e tettoniche degli Appennini Centro-Settentrionali e delle Alpi Centro-Meridionali (a sud della Linea Periadiatica). In blu è evidenziata l'area di studio

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

6.1 ASSETTO STRUTTURALE DELL'AREA IN ESAME

L'assetto strutturale dell'area veronese-gardesana è il risultato dei raccorciamenti crostali avvenuti nell'ambito dell'orogenesi alpina. Complessivamente, come riporta Carton & Castaldini 1985, Panizza et al. 1981 e Castellaccio et al. 2012, nella Provincia di Verona è possibile distinguere due stili deformativi principali (Figura 23). Nel settore occidentale, comprendente il Lago di Garda e la Valle Lagarina, lo stile tettonico è caratterizzato da pieghe e sovrascorrimenti con direzioni prevalentemente orientate NNE. Il raccorciamento complessivo accomodato da queste strutture è stimato nell'ordine di una decina di chilometri (Picotti et al., 1995). Il settore orientale dall'area di Verona si presenta al contrario scarsamente deformato, con un assetto tabulare leggermente inarcato ed immergente verso S-SO. Gli elementi strutturali principali sono costituiti da numerose dislocazioni di tipo quasi esclusivamente disgiuntivo, caratterizzate da rigetti generalmente limitati. Le faglie sono raggruppabili secondo due orientazioni principali, rispettivamente N(NO)-S(SE) e (O)NO-(E)SE (Figura 23).

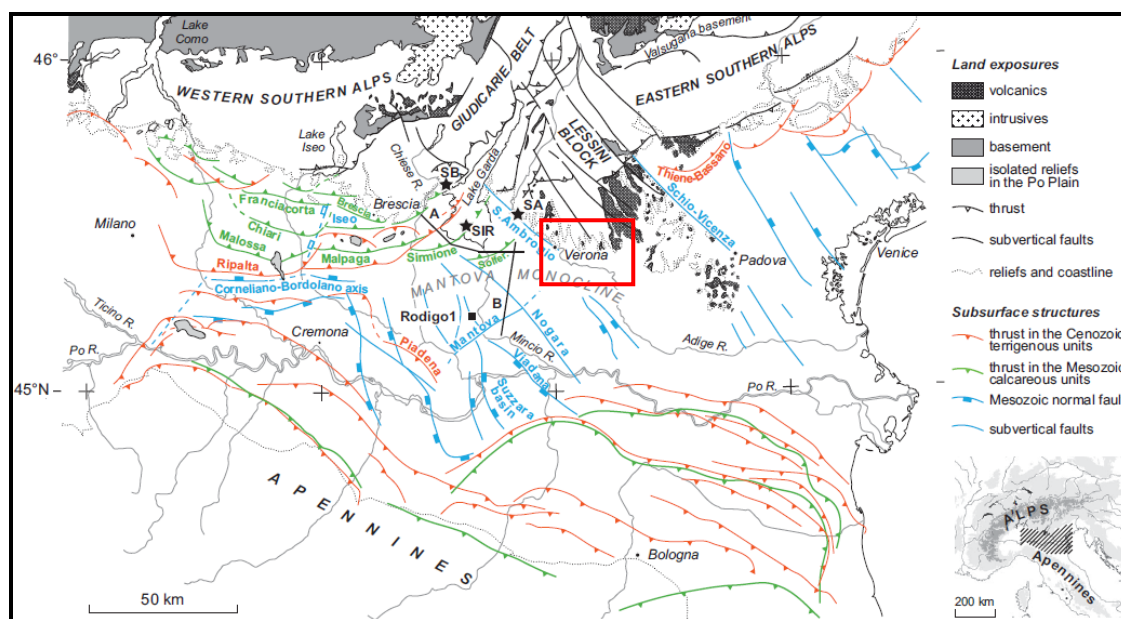


Figura 23. Carta Strutturale del tratto centro-orientale del Po, in rosso l'area in esame (Scardia et al., 2015)

Recenti studi (Castellaccio et al., 2011; Scardia et al., 2015), mettono in luce che all'origine della significativa anomalia termica nel veronese vi sarebbero importanti cause di ordine tettonico-strutturale. Allo stato attuale delle conoscenze si ritiene che l'idrotermalismo del veronese sia veicolato principalmente da un sistema di faglie sepolte con una componente trascorrente e direzione scledense. In particolar modo, il lineamento denominato "Faglia di S. Ambrogio in Valpolicella" è sepolto per la maggior parte del suo tracciato, al punto che la sua natura e la sua estensione sono incerte per la mancanza di evidenze dirette. Secondo AA.VV. il lineamento è subverticale con cinematica trascorrente sinistra e si estenderebbe da Verona a Torri del Benaco.

Analizzando il settore di progetto, l'assetto degli strati conglomerati risulta orizzontale, laddove si possono analizzare gli affioramenti, e non risultano essere presenti dislocazioni legate a neotettonica. Durante la campagna indagine del Nodo di Verona è stato analizzato anche l'eventuale presenza di lineamenti tettonici lungo il tracciato, per gli approfondimenti si demanda al paragrafo 12.4.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

7 GEOMORFOLOGIA

Il tracciato ferroviario in progetto attraversa un territorio caratterizzato da morfologie regolari, sub-pianeggiante debolmente degradante verso est.

L'aspetto morfologico attuale della pianura veneta è fortemente legato all'evoluzione tardo pleistocenica e olocenica dei fiumi alpini Adige, Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta. Essi hanno ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco montano, interessando aree molto ampie. Si sono così formati sistemi sedimentari di notevole estensione areale allungati fino al mare (Figura 24), caratterizzati da una notevole selezione granulometrica dei sedimenti da monte a valle (più grossolani nelle zone di monte e più fini a valle). Infatti, da letteratura, le valli nell'ultima glaciazione erano occupate da un'ingente massa glaciale che defluiva fino alla Pianura Padana seguendo tracciati non necessariamente coincidenti con l'idrografia attuale. Il ritiro tardoglaciale lasciò le valli libere dai ghiacci, aprendo una fase di grandi trasformazioni che porterà fino alla situazione attuale, con un accavallarsi di processi diversi e di attori differenziati (Angelucci, 2016). L'area di studio è, inoltre, caratterizzata dall'unità deposizionale del fiume Adige (Figura 24). Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa all'interno del grande conoide dell'Adige, sovrainciso e terrazzato per l'azione erosiva degli alvei würmiani ed attuali del fiume.

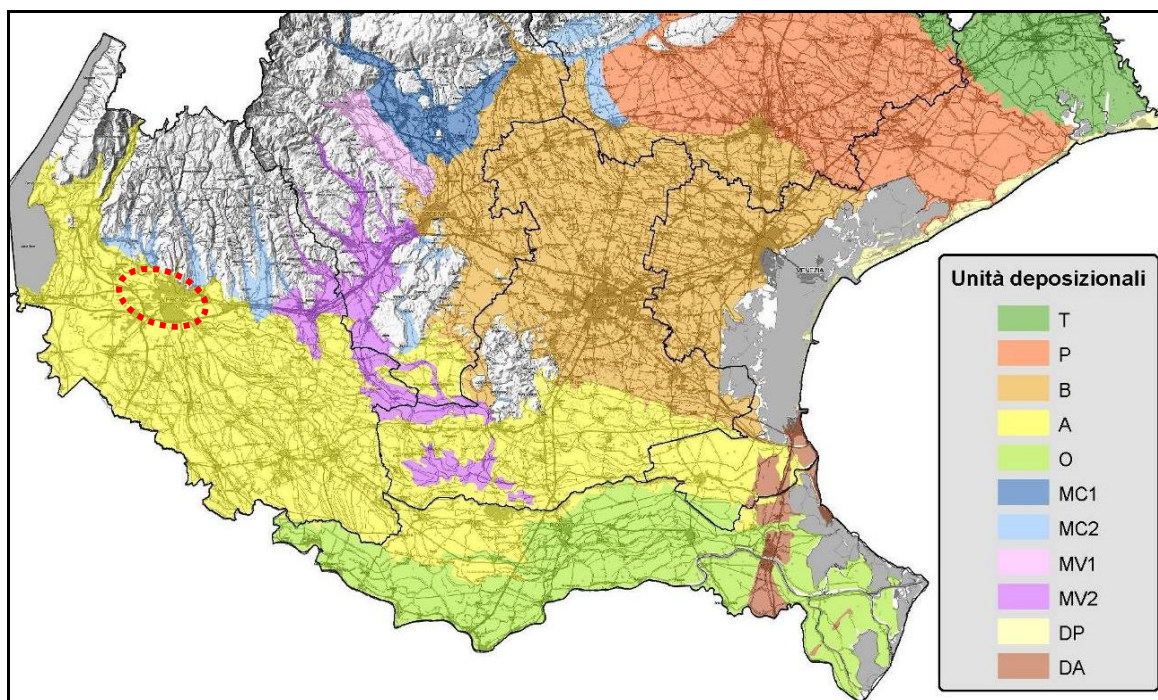


Figura 24. Stralcio della mappa delle unità deposizionali del Veneto (ARPAV, 2010). L'area di interesse è caratterizzata dall'unità deposizionale A=Adige (evidenziata in rosso)

Il tracciato di progetto si inserisce in un contesto fortemente urbanizzato, in cui le evidenze morfologiche naturali sono state in parte o completamente obliterate dalle attività antropiche. In particolare, il tracciato è in affiancamento all'attuale linea dove non si evidenziano forme, processi e depositi particolarmente significativi e che possano rappresentare una criticità.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

7.1 ANALISI MULTITEMPORALE E MULTISCALARE

L'analisi dell'evoluzione del territorio in esame, negli ultimi decenni ed in particolare a partire dal 1955 ad oggi, è possibile delinearla attraverso una lettura, multitemporale e multiscalare delle foto aeree disponibili sul Portale dell'I.G.M. (https://www.igmi.org/it/geoprodotti#b_start=0), ortofoto degli ultimi 20 anni e immagini da *Google Earth*. L'analisi foto-interpretativa è stata condotta su fotografie aeree riferibili a 4 differenti voli ripresi da diverse quote di volo e con diversa scala media; questo ha consentito di coprire un intervallo temporale molto esteso (oltre 50 anni), come riportato in tabella.

RIPRESA	FOTOGRAMMA	STRISCIATA (n)	FOGLIO	DATA	QUOTA VOLO (m)	SCALA
Volo IGM	11340	8	49	1955	5.000	1:33.000
Volo IGM	716	2	49	1962	4.600	1:31.000
Volo IGM	555	109	49	1986	5.040	1:34.000
Volo IGM	123-53	4	48	2010	6.700	1:107.000
Immagine maps		-		2020	-	-

Dalle analisi delle foto aeree del 1955, si può apprezzare come l'alveo del F. Adige a valle del ponte ferroviario si presentava ampio e di tipo intrecciato (*braided*), con diversi canali e barre mobili molto sviluppate, con un importante trasporto di sedimenti prevalentemente grossolani ghiaiosi. Per quanto riguarda il centro abitato di Verona si osserva, rispetto all'attuale, come il perimetro dell'abitato sia più ristretto (Figura 25).



Figura 25. Stralcio foto aerea 1955 (https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1955/TIFF_2500_DPI_fotogrammetrico/fotogramma-1484597529.94), in rosso tratteggiato l'area in esame.

Dal 1962 l'alveo dell'Adige ha assunto la configurazione simile a quella attuale, nel tratto a valle del ponte ferroviario (Figura 26), con un andamento rettilineo o moderatamente sinuoso, e i vecchi canali del 1954 non più visibili. Lungo il tracciato del tratto Ovest sono ben visibili le attività estrattive.


	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A



Figura 26. Stralcio foto aerea 1962 (https://www.igmi.org/it/geoprodotto/foto-aeree/1962/TIFF_2400_DPI_non_fotogrammetrico/fotogramma-1484597479.23).

Invece, per quanto riguarda l’analisi delle foto aeree del 1986 (Figura 27), si osserva l’ampliamento della zona “Quadrante Europa” con nuove arterie ferroviarie (colore blu) in Via Cason, oltre a nuove attività estrattive (arancio). Inoltre, si può osservare uno sviluppo edilizio alle porte di Verona e nelle frazioni.

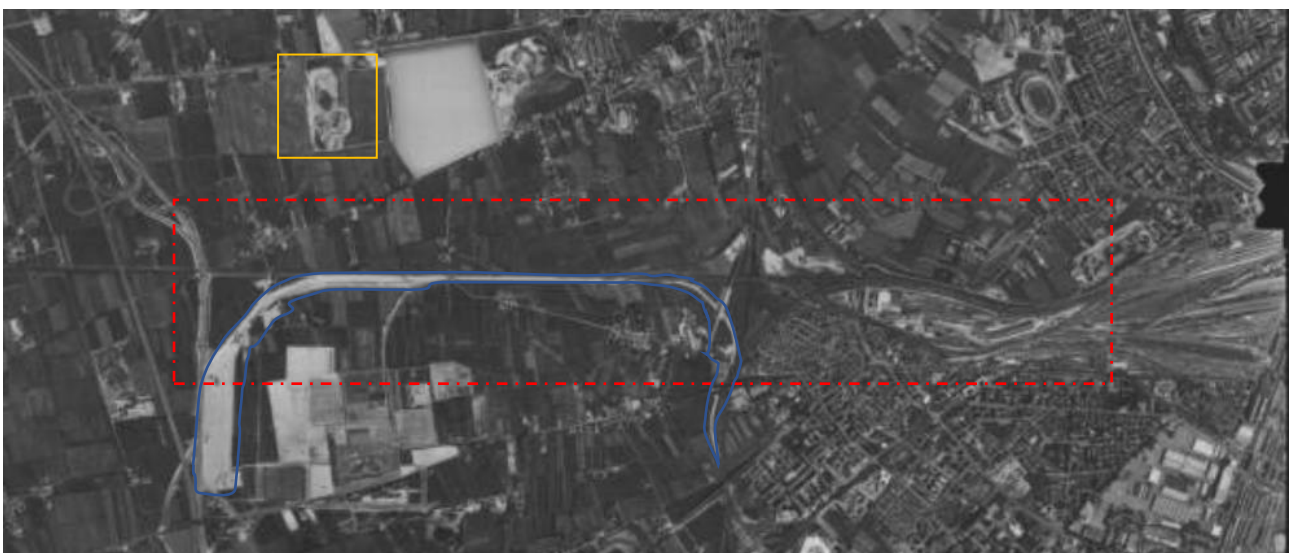


Figura 27. Stralcio foto aerea 1986 (https://www.igmi.org/it/geoprodotto/foto-aeree/1986/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605286851.93), in rosso tratteggiato l’area in esame.

Infine, analizzando le foto aeree più recenti (Figura 28), quelle del 2000-2020, si osserva una situazione generalmente molto vicina a quella presente oggi, dovuta all’aumento della edificazione di case e di viabilità stradali e ferroviarie che hanno portato allo sviluppo di tutte le frazioni in cui il territorio comunale di Verona

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A	FOGLIO 51 di 129

si compone oggi. Grandi cambiamenti si hanno per la zona industriale, dove è avvenuto il maggiore sviluppo con l'ampliamento del "Quadrante Europa".

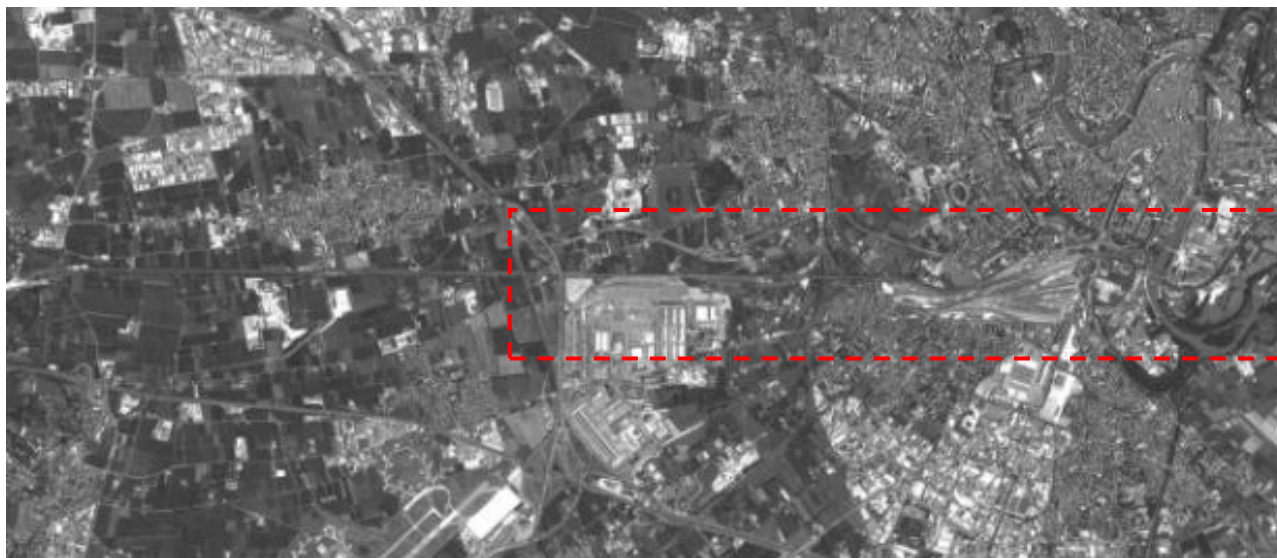


Figura 28. Stralcio ortofoto 2010 (https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/2010/TIFF_2500_DPI_fotogrammetrico/fotogramma-44), in rosso in esame.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

8 PROVE IN SITU E PROVE DI LABORATORIO (DEPOSITI QUATERNARI)

Come descritto nei capitoli precedenti e come osservabile negli elaborati cartografici e nella sezione geologica, nell'area in esame affiorano diffusamente depositi alluvionali olocenici e pleistocenici. Data la tipologia dei terreni presenti nell'area di studio, è stato possibile prelevare campioni rimaneggiati e localmente indisturbati da sottoporre a prove granulometriche di laboratorio; relativamente alle prove in foro di sondaggio, sono state eseguite:

- n. 179 prove S.P.T. (Standard Penetration Test);
- n. 57 prove di permeabilità tipo Lefranc.

Nei n. 13 sondaggi geognostici a carotaggio continuo realizzati ai fini del presente progetto definitivo, le prove SPT restituiscono valori di N_{spt} nel complesso elevati, anche nella porzione più superficiale di sottosuolo, con prove spesso a rifiuto anche nei primi 10 m da piano campagna. Valori così elevati di N_{spt} dipendono sia dalla litologia dei terreni (poiché i metri sono costituiti essenzialmente da terre granulari, con presenza di ghiaie grossolane e ciottoli), sia dalle caratteristiche genetiche dei depositi. In Figura 29 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT in funzione della profondità di esecuzione delle singole prove; si consideri che dal grafico sono stati esclusi i valori “a rifiuto” (ovvero il 41% del totale delle prove eseguite). Su un totale di n. 179 prove SPT, i valori non nulli (e quindi le prove SPT non “a rifiuto”) sono n. 105.

Il raggiungimento del “rifiuto” e, quindi, la fine della prova si determinano nei seguenti casi:

- un numero di colpi superiore a 50 per l'infissione nei primi 15 cm;
- un numero di colpi superiore a 100 per l'infissione nel secondo e nel terzo tratto (ultimi 30 cm).

Dal grafico si nota come i valori di N_{spt} siano effettivamente elevati per la maggior parte delle prove eseguite (anche a profondità ridotte), ma anche una leggera correlazione tra l'aumento della profondità e dei valori di N_{spt} .

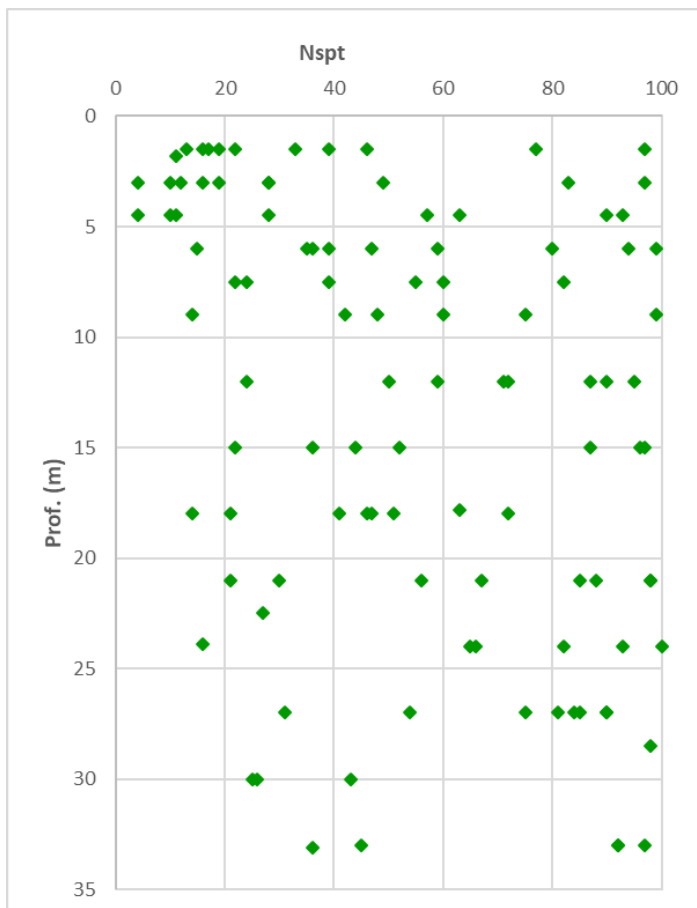


Figura 29. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (Nspt) in funzione della profondità

La Figura 30 illustra la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su n. 71 campioni (n. 11 campioni indisturbati e n. 60 rimaneggiati), da cui ben si nota la prevalenza della componente ghiaiosa nei primi 10 m di sottosuolo, poi marcatamente sostituita da terreni a granulometria più fine (accorpare le abbondanze percentuali di limi e argille). Le sabbie mostrano invece un trend simile a quello delle terre coesive e inverso rispetto a quello delle ghiaie, con le maggiori abbondanze comprese tra 15 e 40 m da p.c.

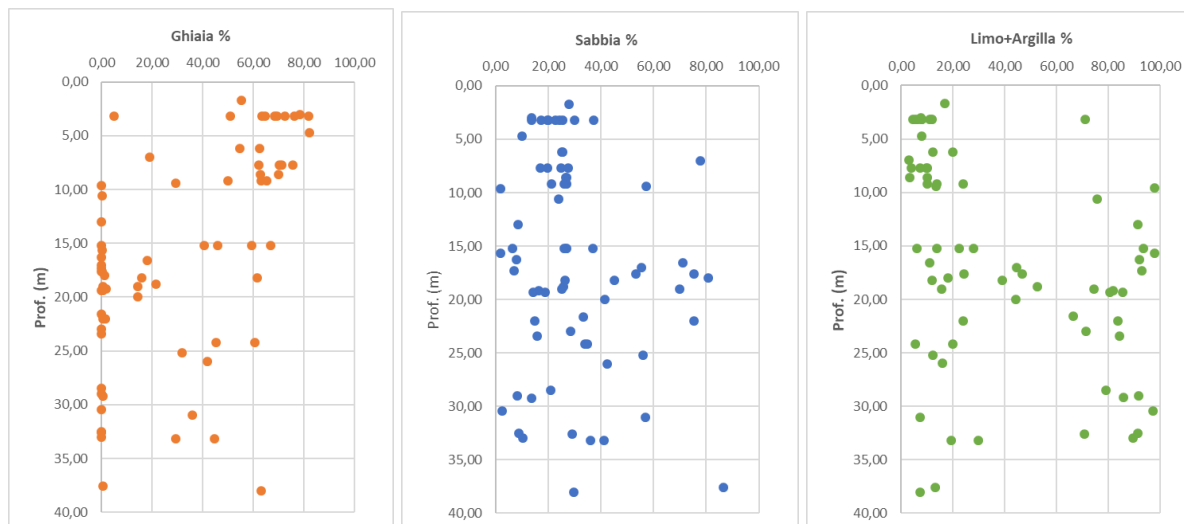


Figura 30. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per le unità quaternarie

Dalle prove granulometriche risulta che quasi la metà dei campioni presenta abbondanze di ghiaie minori del 20% e solo il 14% ha un contenuto in ghiaia maggiore del 60%. Secondo il sistema di classificazione dei terreni AASHTO (CNR-UNI 10006) e in base a quanto sopra descritto, quasi la metà dei campioni ricade nei sottogruppi A-1-a e A-1-b (terreni aventi una frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%). Secondo la classificazione USCS invece, circa il 58% dei campioni ricade nei gruppi SM e CL/ML (sabbie limose e argille e limi inorganici).

Nell'area interessata dal tracciato ferroviario, affiorano i depositi fluvio-glaciali e fluviali pleistocenici fg^{R2} e fg^{R3}, come descritti nel foglio 48 "Peschiera del Garda" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, e i depositi alluvionali recenti (bb1) e terrazzati (bn1), come descritti nella legenda della carta geologica dell'elaborato IN1A20D69N6GE0001001A-5A. Nella porzione più superficiale dell'intera area di intervento affiora uno strato di spessore variabile di riporto antropico, avente spessore massimo di circa 10 m in prossimità della stazione di Verona Porta Nuova.

Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche granulometriche delle alluvioni pleistoceniche e oloceniche e del materiale di riporto antropico.

8.1 ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FG^{R2})

In Figura 31 è riportata la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su n. 7 campioni rimaneggiati classificabili come alluvioni fg^{R2}, composte essenzialmente da sabbie e ghiaie (aventi distribuzione simile), con un minor contenuto percentuale di materiali coesivi (mai superiori al 30%).

Secondo il sistema di classificazione dei terreni AASHTO (CNR-UNI 10006), i campioni ricadono nei sottogruppi A-1-b e A-2-4 (terreni aventi una frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%). Secondo la classificazione USCS invece, la maggior parte dei campioni ricade nel gruppo SM (sabbia limosa).

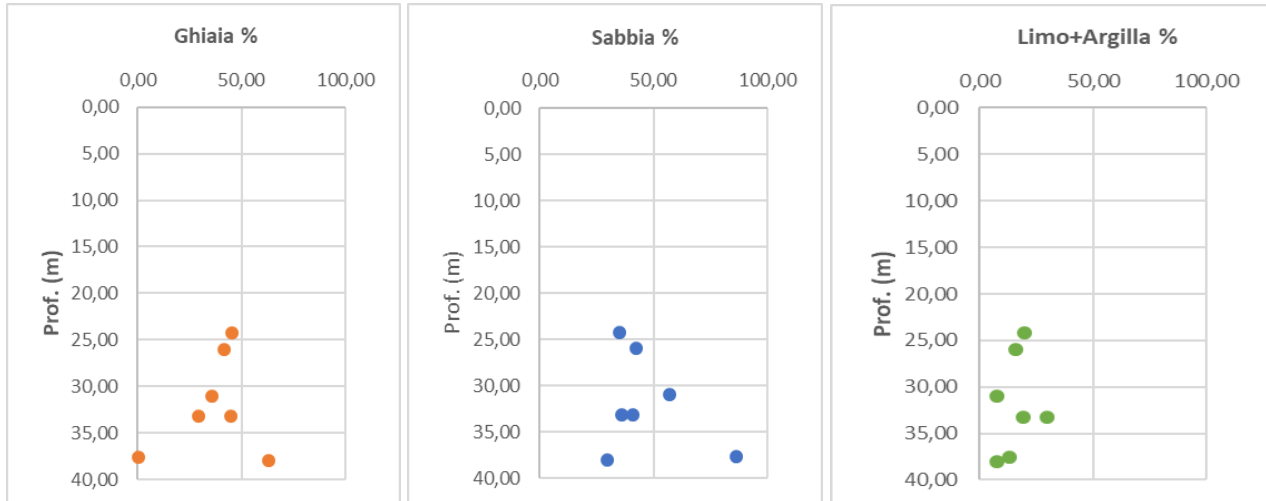


Figura 31. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per le alluvioni fg^{R2}

In Figura 32 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT eseguite nelle alluvioni pleistoceniche fg^{R2}. Si consideri che, data la conformazione litostratigrafica di sottosuolo, i depositi fg^{R2} affiorano solo a partire da una profondità pari a circa 20 m da p.c. Le prove SPT eseguite raggiungono una profondità massima di 33 metri da p.c., con valori di N_{spt} sempre superiori a 40 ma generalmente pari a più del doppio: solo il 39% delle SPT eseguite restituisce valori di N_{spt} non a rifiuto. Valori così elevati di addensamento e consistenza sono legati sia alle caratteristiche genetiche di questi depositi, sia alla loro profondità rispetto al p.c.

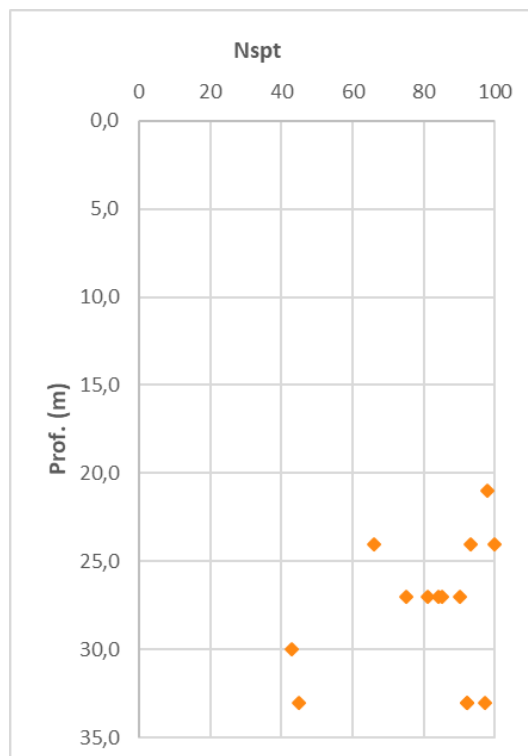


Figura 32. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (N_{spt}) in funzione della profondità per le alluvioni fg^{R2}

8.2 ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FG^{R3})

In Figura 33 è riportata la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su 33 campioni (25 campioni rimaneggiati e 8 campioni indisturbati) classificabili come alluvioni fg^{R3}. Dalla distribuzione delle abbondanze granulometriche si nota come il contenuto in ghiaia sia complessivamente inferiore a quello di sabbia e limo+argilla, con il 63% dei campioni analizzati avente una quantità di ghiaia minore del 30%

Si noti, inoltre, come le percentuali di sabbia siano più elevate (variabili dal 20 all'80%) tra i circa 16 m da p.c. e fino a 25 m da p.c. e le percentuali di limo+argilla siano marcatamente più elevate (quasi sempre maggiori del 65%) a partire da circa 19 m da p.c. All'aumento della frazione fine corrisponde una drastica riduzione della componente granulare più grossolana; infatti, le ghiaie e le componenti coesive mostrano un trend praticamente inverso.

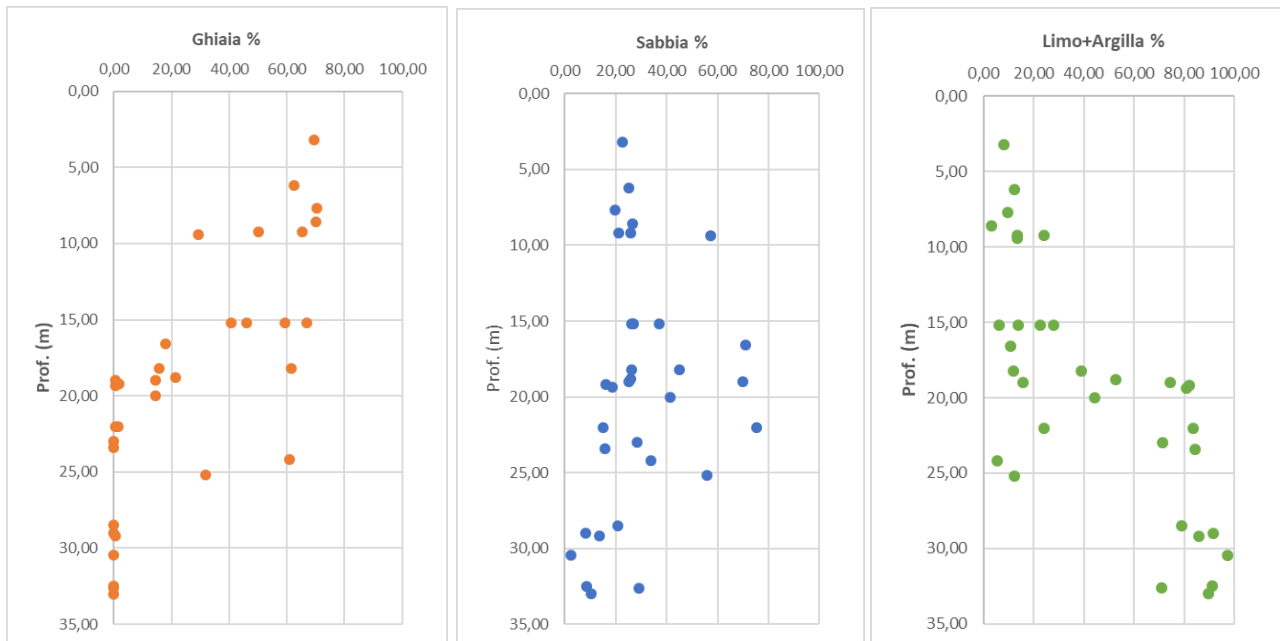


Figura 33. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per le alluvioni fg^{R3}

In Figura 34 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT eseguite nelle alluvioni pleistoceniche fg^{R3}. Le prove SPT raggiungono una profondità massima di 33,1 metri da p.c., con valori di N_{spt} nel complesso superiori a 50, anche a profondità da p.c. ridotte (entro i primi 10 m da p.c.). Dalla distribuzione dei valori di N_{spt} con la profondità, si nota chiaramente che le prove eseguite fino a circa 15 m da p.c. mostrano valori di N_{spt} sempre superiori a 40, valori che poi si distribuiscono su un più ampio range al di sotto di questa profondità. I valori leggermente più bassi di N_{spt} al di sotto dei 15 m da p.c. potrebbero essere spiegati dalla presenza di lenti sabbiose diffuse nei depositi fluvio-glaciali fg^{R3} a profondità e con spessori variabili. Si consideri, infine, che del totale di prove SPT eseguite, il 51% presenta valori di N_{spt} non a rifiuto.

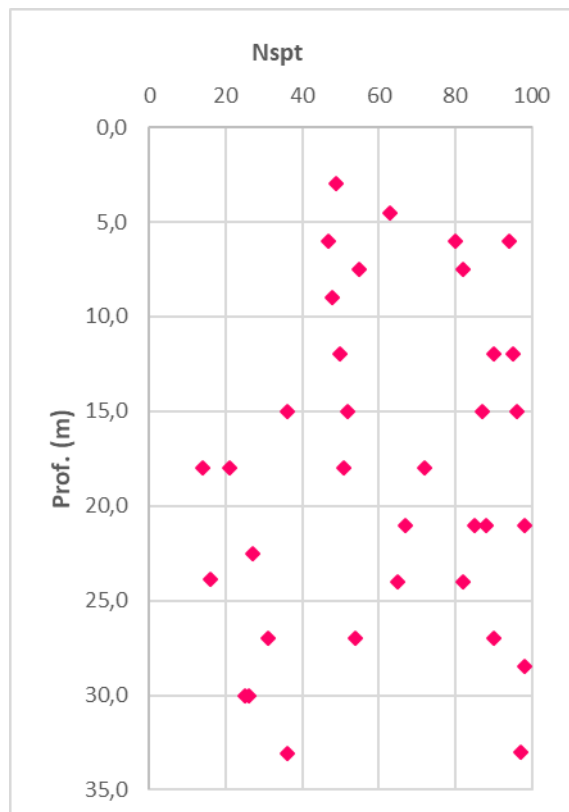


Figura 34. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (Nspt) in funzione della profondità per le alluvioni fg^{R3}

8.3 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (bb1) E TERRAZZATI (bn1)

In Figura 35 riportata la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su 21 campioni (18 campioni rimaneggiati e 3 campioni indisturbati) classificabili come depositi alluvionali olocenici (sia terrazzati che non).

Dalla distribuzione delle abbondanze granulometriche si nota come la quantità di ghiaia sia complessivamente ridotta, con valori praticamente nulli al di sotto dei 10 m da p.c. Le distribuzioni delle frazioni più fini sono invece variabili, con una netta prevalenza di limi e argille al di sotto dei 10 m da p.c.

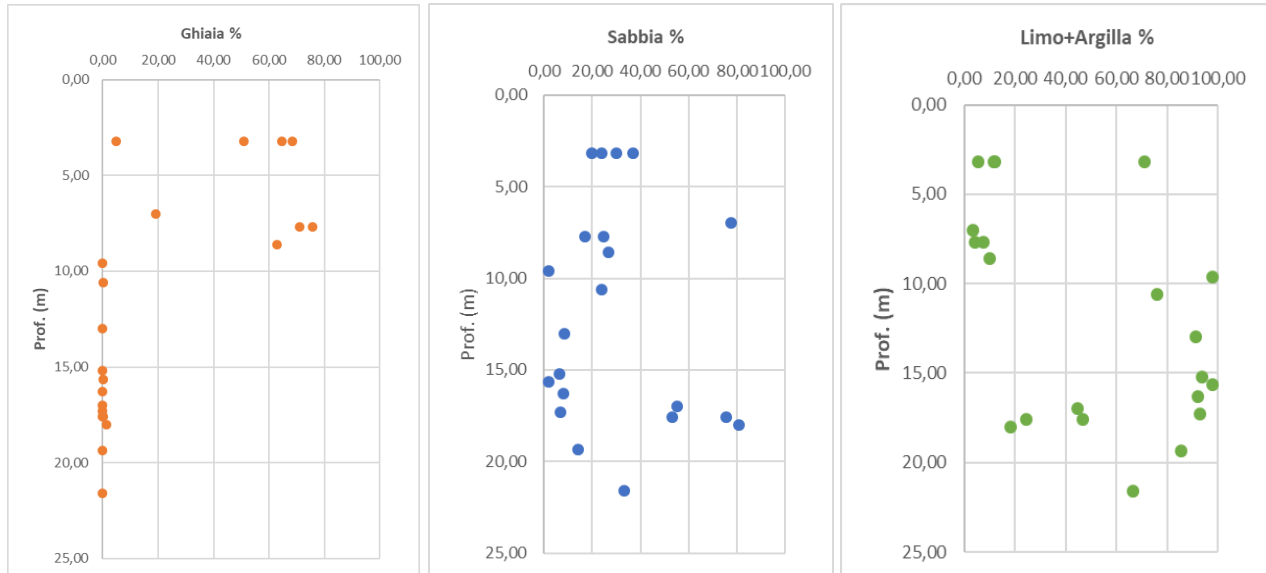


Figura 35. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per le alluvioni bb1 e bn1

In Figura 36 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT eseguite nelle alluvioni oloceniche recenti e terrazze. Le prove SPT raggiungono una profondità massima di 21 metri da p.c., con valori di N_{spt} piuttosto variabili, condizionati principalmente dalla presenza di lenti a litologia sabbiosa e limoso-argillosa.

Le alluvioni recenti e terrazze affiorano solo in corrispondenza del settore centro-orientale dell'area di studio, in corrispondenza dell'alveo del fiume Adige e poggiano in discordanza sulle alluvioni fluvioglaciali fgR3; per tale ragione la profondità massima delle prove SPT eseguite in questa litologia raggiunge profondità massime di 21 m da p.c. Del totale di 40 prove SPT eseguite, solo 6 mostrano valori a rifiuto, verosimilmente a causa della presenza di frazioni ghiaiose più grossolane.

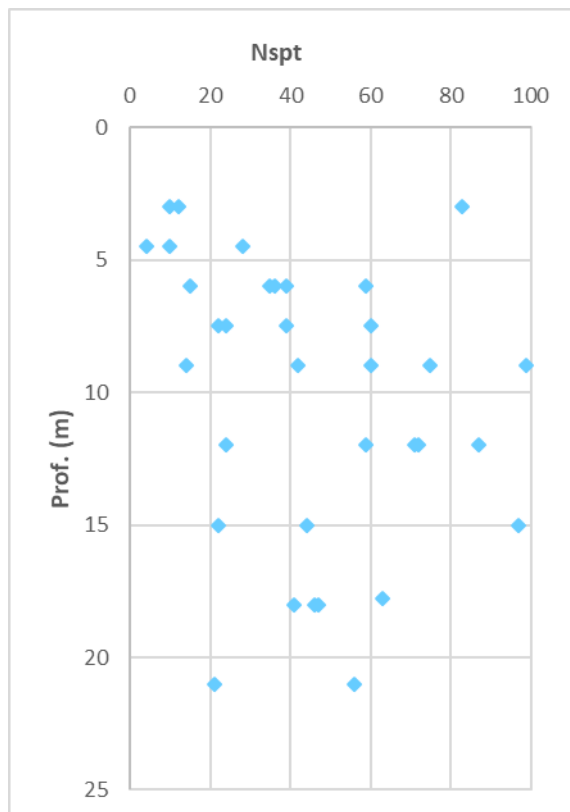


Figura 36. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (Nspt) in funzione della profondità per le alluvioni fg^{R3}

8.4 RIPORTO ANTROPICO (H)

In Figura 37 è riportata la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo la classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su 10 campioni rimaneggiati classificabili come riporto antropico. Dalla distribuzione delle abbondanze granulometriche, si nota come gran parte del materiale sia materiale grossolano, con contenuto in ghiaie variabile tra il 45% e l'80%.

Secondo il sistema di classificazione dei terreni AASHTO (CNR-UNI 10006), i campioni ricadono nei sottogruppi A-1-a e A-1-b (terreni aventi una frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%). Secondo la classificazione USCS invece, tutti i campioni sono classificabili come ghiaie.

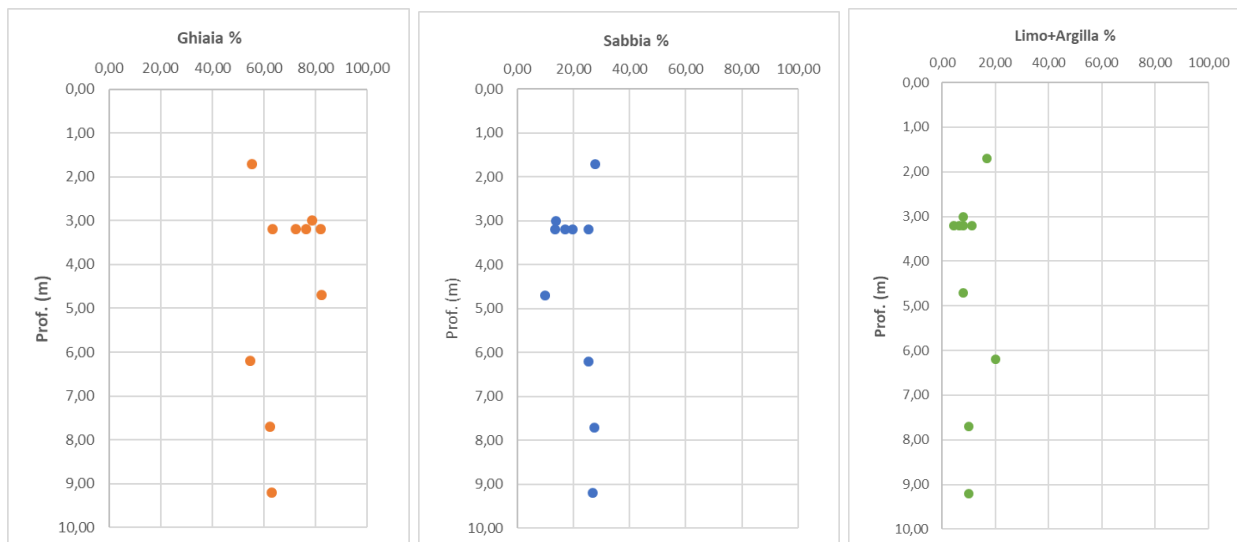


Figura 37. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per l'unità costituita da materiale rimaneggiato e/o di riporto antropico (h)

In Figura 38 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT eseguite all'interno del materiale di riporto. In questo caso le prove SPT (non a rifiuto) raggiungono una profondità massima di 6 metri da p.c. Si noti come i valori di N_{spt} siano variabili e non condizionati dalla profondità di esecuzione, non si nota infatti nessun trend specifico di variazione dei valori di N_{spt} . Si può quindi ragionevolmente ipotizzare che i valori di N_{spt} siano condizionati dalla tipologia di materiale incontrato nel corso della prova SPT.

Del totale di 35 prove SPT eseguite, solo il 37% presenta valori a rifiuto.

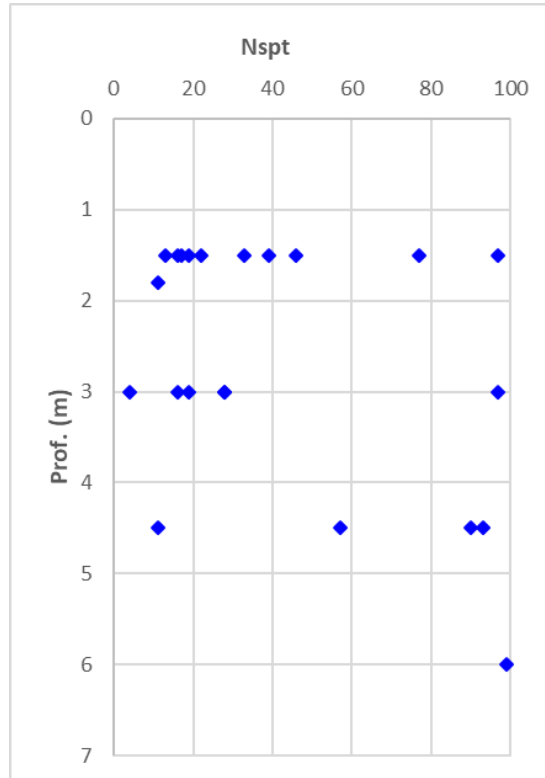


Figura 38. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (Nspt) in funzione della profondità per il materiale di riporto (h)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

9 INTERPRETAZIONE DEGLI ESITI DELLE PROVE IN SITO DIRETTE E INDIRETTE

Come descritto nei paragrafi precedenti, nell'area in esame a partire dal 1998 sono state eseguite diverse campagne geognostiche, sia da ITALFERR sia da Enti esterni; l'ultima campagna indagini è stata eseguita da ITALFERR nel 2021.

Nell'area di progetto affiorano spessori rilevanti di depositi alluvionali quaternari sciolti costituiti in larga parte, e sulla base dei dati ricavabili dalle stratigrafie di sondaggio, da materiali granulari. Le litologie prevalenti lungo le profondità di sondaggio indagate sono le ghiaie con sabbie limose, lungo l'intera tratta in esame. I livelli ghiaioso-sabbiosi risultano, nel complesso, addensati o molto addensati con numerose prove SPT a rifiuto, anche a profondità ridotte da piano campagna. Solo localmente le prove SPT eseguite sono risultate in addensamenti moderati. Inoltre, in tutti i sondaggi eseguiti, a profondità comprese tra circa 15 m da p.c. e circa 30 m da p.c., è stato intercettato un livello continuo di argille limose (o limi argillosi) di colore grigio scuro, da consistenti a molto consistenti. Localmente, all'interno di questo livello di materiale coesivo può esser presente materiale organico o torba.

Per i dettagli circa la successione litostratigrafica si rimanda sia al capitolo seguente, in cui sono descritti il profilo e le sezioni trasversali realizzate ai fini del presente studio, sia agli elaborati contenuti i certificati delle indagini e delle prove realizzate dalle imprese esecutrici.

Per quanto riguarda le campagne geofisiche (2021), sono state realizzate n. 2 sezioni sismiche tomografiche ad onde di compressione e taglio mediante stendimenti sismici contigui e paralleli al tracciato ferroviario, ma sui lati opposti rispetto ai binari ferroviari. Dall'analisi delle velocità in V_p e V_s riportate nelle varie sezioni, è possibile individuare differenti interfacce geofisiche significative che separano corpi geologici con caratteristiche di deformabilità tali da consentire una loro classificazione in unità geofisiche, così distinte:

- suolo areato;
- alluvioni (alterate e/o recenti);
- alluvioni (recenti compatte);
- alluvioni (meno recenti).

Le unità geofisiche di entrambe le sezioni presentano un andamento tabulare con presenza, in superficie, di spessori di suolo areato a profondità da piano campagna comprese tra 0 m e 2 m. Sono state inoltre realizzate n. 2 sezioni di elettrica tomografica, coincidenti con le stese di sismica tomografica. Le due sezioni presentano un andamento della resistività tabulare senza anomalie di rilievo; l'unico elemento rilevante è un'evidente diminuzione delle resistività all'interno della sezione ERT1, nel settore compreso tra gli elettrodi E30 e E50, probabilmente a causa della presenza di una lente di materiale più coesivo rispetto al resto della sezione. Si sottolinea, infine, che l'indagine elettrica in ambito urbano (o in zona ampiamente antropizzata come quella in esame) è soggetta a numerosi disturbi, cui si è dovuto porre rimedio mediante routine di filtraggio che ne hanno fortemente limitato la capacità diagnostica.

Dai risultati delle prove Down-Hole e MASW, si nota un generale aumento delle velocità con la profondità, con valori di V_s pari a circa 400 m/s ad una profondità circa a 5 m da piano campagna.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

10 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Ai fini della rappresentazione del modello geologico dell'area in esame è stato sviluppato, lungo l'asse di progetto, il profilo geologico riportato nei documenti "Carta geologica e profilo geologico (tav. 1-5) -cod. doc. IN1A20D69N6GE0001001A/5A. Il profilo geologico costituisce una ricostruzione interpretativa basata sulle informazioni di terreno, integrate dai risultati delle indagini geognostiche condotte nelle varie fasi di progettazione o eseguite all'interno dell'areale di progetto. I dati raccolti e acquisiti fanno sì che esso costituisca una rappresentazione previsionale delle condizioni geologiche lungo il tracciato adeguata al livello progettuale, e una raffigurazione del sottosuolo che ne esprima in maniera attendibile, in relazione ai dati a disposizione, le caratteristiche litostratigrafiche. Inoltre, con lo stesso scopo, sono stati sviluppati profili geologici trasversali in prossimità di aree ritenute significative.

10.1 CARTOGRAFIA GEOLOGICA

La cartografia geologica (scala 1:2.000) è stata elaborata utilizzando i seguenti dati di base:

- Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 48 "Peschiera del Garda";
- Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 49 "Verona";
- Carta litostratigrafica del P.A.T. - Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona alla scala 1:15.000 (https://www.comune.verona.it/nqcontent.cfm?a_id=4347&tt=verona_agid);
- Dati dei sondaggi geognostici.

In Figura 39 si riporta uno stralcio geologico dell'areale di Verona in scala 1:25.000.

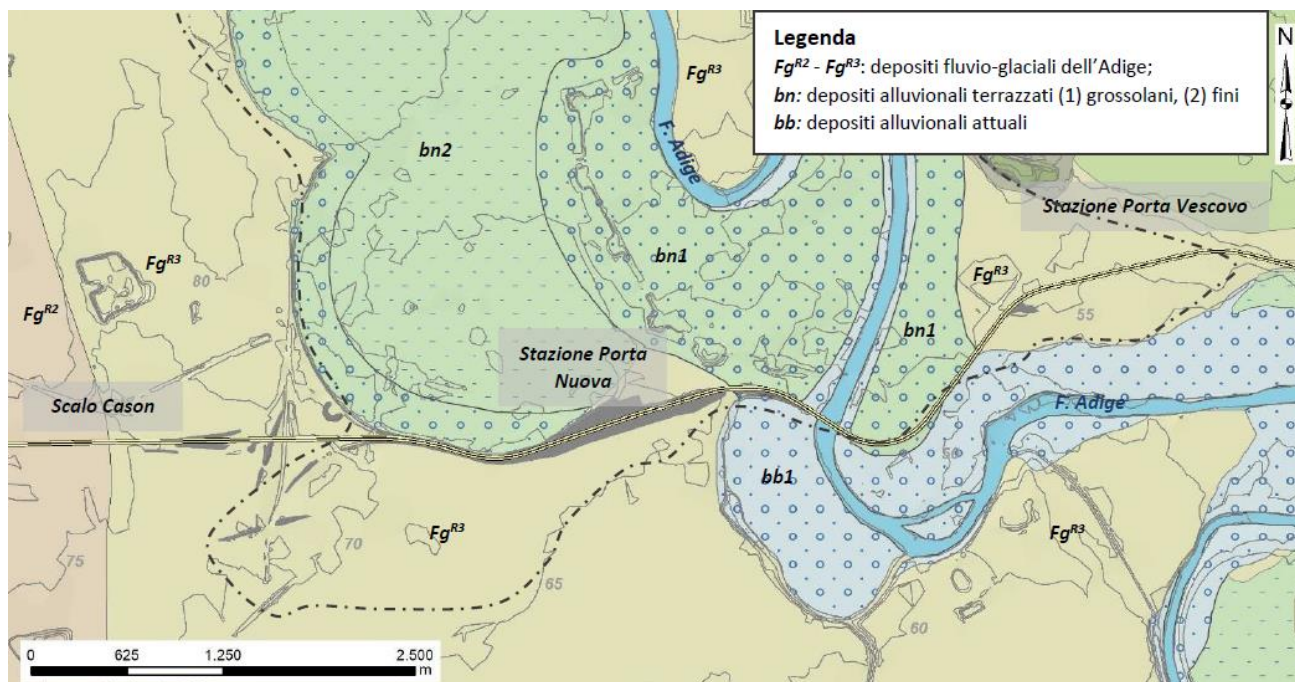


Figura 39. Stralcio Carta geologica in scala 1:25.000 dell'areale di Verona. In tratteggio il limite dell'abitato di Verona

10.2 PROFILO IN ASSE AL PROGETTO

Di seguito si riporta una descrizione del profilo geologico in asse al progetto.

Il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa all'aperto, interamente su depositi sciolti di natura grossolana, ghiaioso-sabbiosa con intercalazioni di materiali più fini. La successione geologica di sottosuolo è abbastanza omogenea lungo tutto il tracciato in esame ed è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali pleistocenici fg^{R2} e fg^{R3} , al di sopra dei quali poggiano i depositi alluvionali recenti (bb1) e terrazzati (bn1). Il passaggio tra le alluvioni fg^{R3} e fg^{R2} è marcato da un livello di limi argillosi/argille limose di colore grigio con spessore mediamente pari a 5 m. I primi metri della successione (variabili da un minimo di 3 m ad un massimo di circa 10 m, in prossimità della stazione di Verona Porta Nuova) sono invece costituiti da materiale di riporto antropico.

SCALO CASON (pk 151+250-154+300)

Nel primo tratto di profilo, compreso circa tra le pk 151+400 e 152+900 (circa tra i sondaggi S8 e S11), affiorano per tutta la profondità indagata le ghiaie poligeniche eterometriche (\varnothing max >6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa di colore avana, afferenti ai depositi fluvioglaciali (Fg^{R31}) del Würm. A partire circa dalla progressiva 152+900 (Figura 40), l'unità fluvioglaciale più recente fg^{R3} (Würm recente) poggia sull'unità fg^{R2} , costituita da ghiaie poligeniche eterometriche addensate in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana; localmente possono essere presenti livelli centimetrici sabbiosi. Si ritiene che il limite tra le due unità fluvioglaciali sia posto in corrispondenza di un livello pelitico costituito da argille limose grigio-nerastre, riferibili all'unità fg^{R3} , a profondità da piano campagna comprese tra 28 e 36 m.

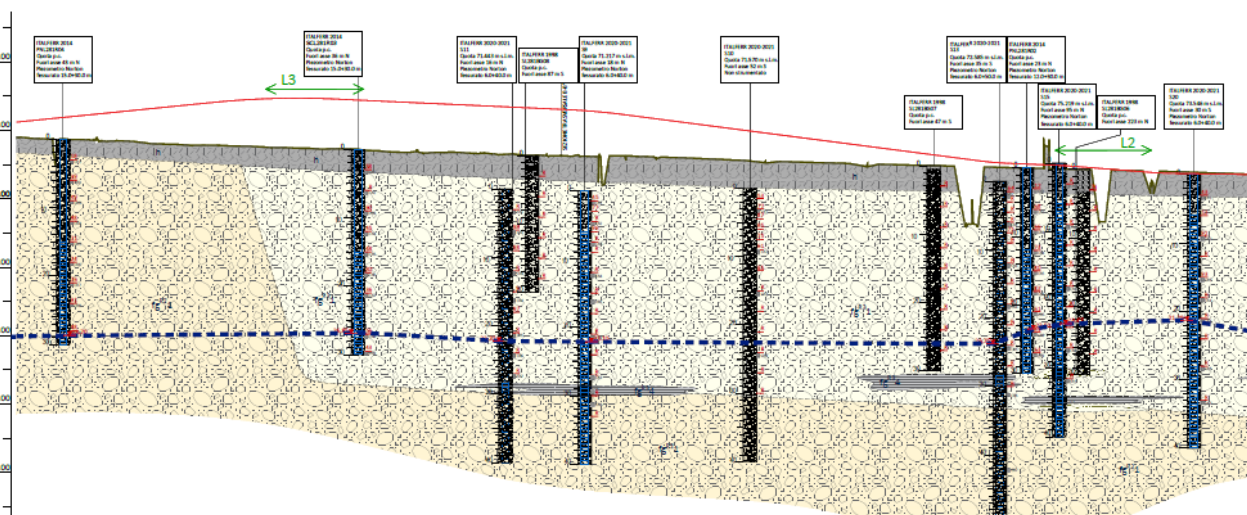


Figura 40. Stralcio del profilo geologico zona Scalo Cason, in cui si nota il passaggio tra le alluvioni fg^{R2} e fg^{R3} . Il passaggio ipotizzato è stato desunto dalle scarpate morfologiche che si notano nel settore settentrionale dell'area di studio

VERONA EST (pk 154+000-160+900)

La successione litostratigrafica del tracciato di progetto di Verona est è sostanzialmente omogenea (Figura 41), costituita dalle alluvioni fg^{R3} affioranti al di sopra delle alluvioni fg^{R2} , con andamento sostanzialmente piano-parallelo. Il limite tra le due unità è rappresentato dalle peliti di colore grigio scuro-nero dell'unità fg^{R33}

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

(limi sabbiosi e limi argillosi) e fg^{R34} (argille limose). I livelli di ghiaie fg^{R31} sono intervallati da lenti di dimensioni più o meno rilevanti di materiali più fini, soprattutto appartenenti all'unità sabbiosa fg^{R32} .

L'unico settore la cui litostratigrafia si distingue è l'alveo del fiume Adige (Figura 42): al di sopra delle alluvioni fg^{R2} affiorano infatti i depositi alluvionali recenti (bb1) e terrazzati (bn1) olocenici. Questi sono depositi continentali di canale fluviale, argine e piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre differenti litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Più in dettaglio, le unità bb1 e bn1 sono costituite da ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa da scarsa ad abbondante con presenza di ciottoli e blocchi da angolosi a sub-angolosi e lenti di sabbie ghiaiose; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. Al di sopra delle alluvioni oloceniche affiorano i depositi alluvionali attuali ba1, ovvero depositi continentali di canale fluviale (alveo attivo dell'Adige), area golenale argine e piana inondabile, costituiti da una singola litofacies a composizione prevalentemente ghiaiosa, subordinatamente sabbiosa poggiati in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. L'unità ba1 è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (max 10 cm), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

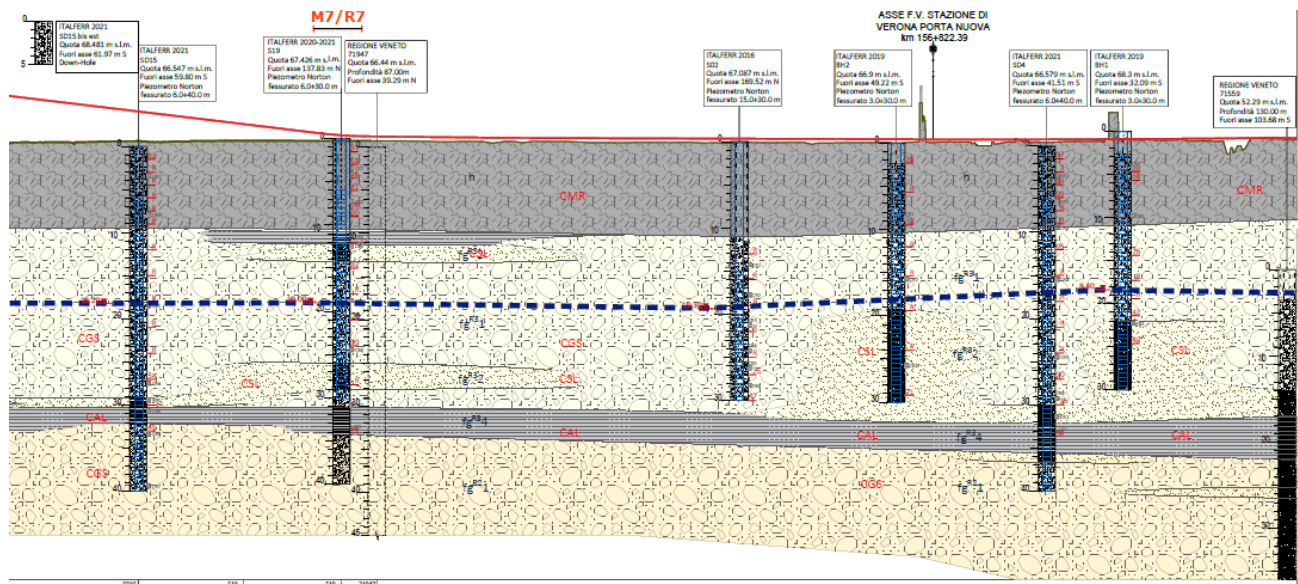


Figura 41. Profilo geologico della Tavola 2/5, costituito da una successione di strati piano-paralleli di alluvioni fg^{R3} e fg^{R2} . Ben si nota il livello di peliti che marca il limite stratigrafico tra le due unità

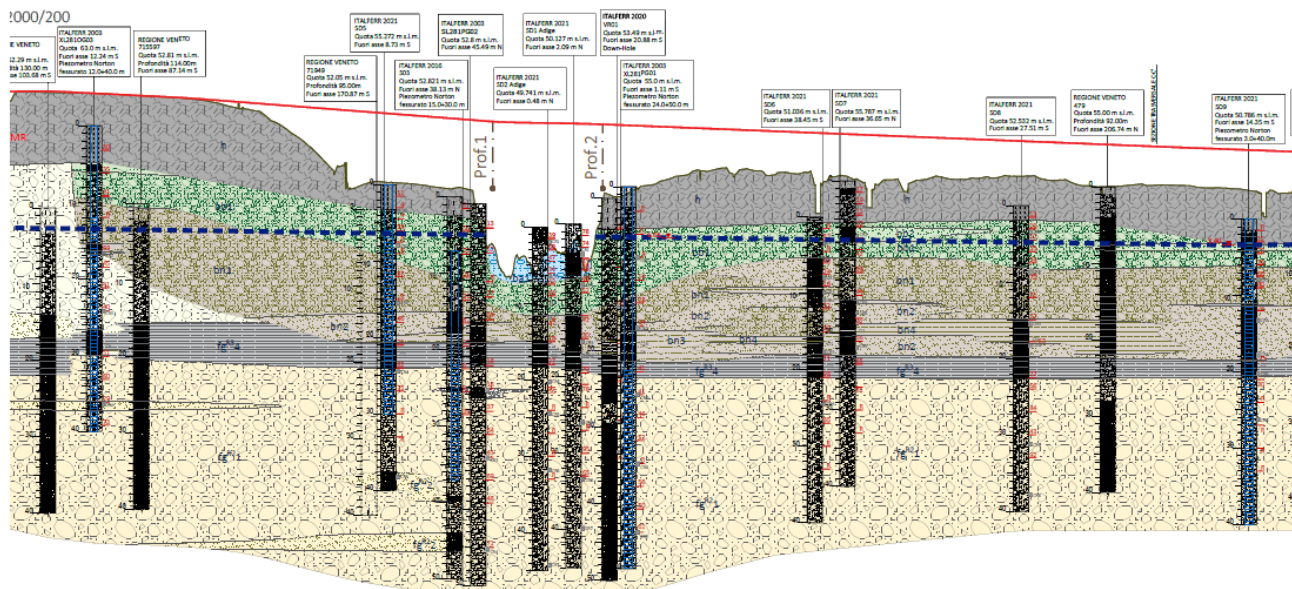


Figura 42. Profilo geologico della Tavola 3/5 in corrispondenza dell'alveo del fiume Adige. Si noti l'affioramento dei depositi alluvionali recenti (bb1) e terrazzati (bn1) olocenici

10.3 SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI AL TRACCIATO

Nel seguente paragrafo si descrivono le sezioni geologiche trasversali all'asse del progetto, ubicate in corrispondenza delle maggiori opere che interessano il progetto e dove fossero disponibili indicazioni stratigrafiche fuori asse di tracciato. Tutte le sezioni hanno un orientamento circa N-S.

Sezione A-A'

La sezione A-A' (Figura 43) interseca il tracciato ferroviario in corrispondenza della pk 155+650 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per la realizzazione di tale sezione sono stati utilizzati i dati provenienti dalla campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, alle maggiori profondità, è caratterizzata dalla presenza di alluvioni fluvioglaciali ghiaiose del Würm, (fg^{R2}) fino a circa 40 m da piano campagna. Al di sopra affiorano le alluvioni fluvioglaciali del Würm recente (fg^{R3}). Per entrambe le unità fluvioglaciali, la *litofacies* è quella ghiaiosa, ovvero costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (\varnothing max >6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli (\varnothing max >10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. Alla base dell'unità ghiaiosa (fg^{R31}), il sondaggio SD15, a profondità di 30.00÷32.00 m circa da piano campagna, intercetta una lente argilloso-limosa appartenente alla *litofacies* argillosa dell'unità fluvioglaciale (fg^{R34}). L'orizzonte argilloso-limoso (fg^{R34}) è di colore grigio scuro-nerastro e risulta a luoghi ricco di materiale organico.

Inoltre, nella porzione di sezione compresa tra le pk 0+000 e 0+150 affiorano i depositi alluvionali terrazzati, ovvero depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, lago di meandro e canale in fase di abbandono, nella sua *litofacies* ghiaiosa (bn1).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Lungo tutta la sezione, i primi 10 m sono costituiti da riporto antropico.

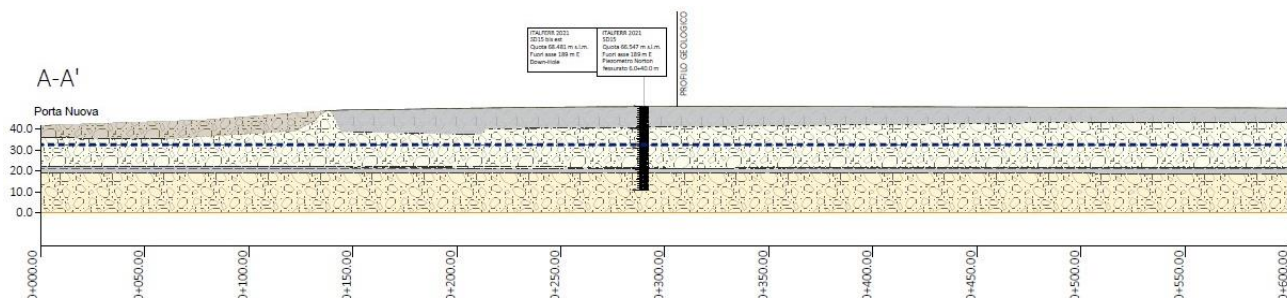


Figura 43. Sezione geologica trasversale A-A'. Stralcio non in scala

Sezione B-B'

La sezione B-B' (Figura 44) interseca la pk 153+310 circa del tracciato ferroviario ed è orientata in direzione N-S. Per la realizzazione di tale sezione sono stati utilizzati i dati provenienti dai sondaggi della campagna geognostica ITALFERR 1998 e ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, alle maggiori profondità, è caratterizzata dalla presenza di alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose del Würm (fg^{R21}), fino a circa 30 m da piano campagna. Al di sopra affiorano le alluvioni fluvio-glaciali del Würm recente (fg^{R3}). Per entrambe le unità fluvio-glaciali, la *litofacies* è quella ghiaiosa, ovvero costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (\varnothing max >6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante, talora con ciottoli (\varnothing max >10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. Alla base di tale unità ghiaiosa (fg^{R31}), i sondaggi S9 e S12, alla profondità pari a 28.00÷34.00 m circa da piano campagna, intercettano una lente argilloso-limosa appartenente alla *litofacies* argillosa dell'unità fluvio-glaciale fg^{R3}. L'orizzonte argilloso-limoso (fg^{R34}) è di colore grigio scuro-nerastro e risulta a luoghi ricco di materiale organico.

Lungo tutta la sezione, i primi 5 m sono costituiti da riporto antropico.

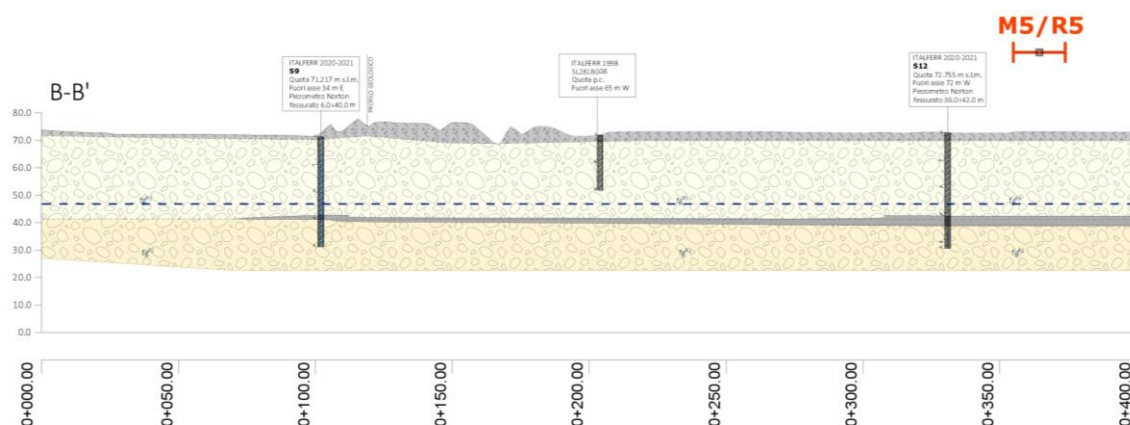


Figura 44. Sezione geologica trasversale B-B'. Stralcio non in scala

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Sezione C-C'

La sezione C-C' (Figura 45) interseca il tracciato ferroviario in corrispondenza della pk 158+685 circa e si sviluppa in direzione NO-SE. Per la realizzazione di tale sezione sono stati utilizzati i dati provenienti dalla campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, alle maggiori profondità, è caratterizzata dalla presenza di alluvioni fluvioglaciali ghiaiose del Würm, (fg^{R2}) fino a circa 40 m da piano campagna. Al di sopra affiorano le alluvioni fluvioglaciali del Würm recente (fg^{R3}). Per entrambe le unità fluvioglaciali, la *litofacies* è quella ghiaiosa, ovvero costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (\varnothing max > 6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli (\varnothing max >10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. Alla base dell'unità ghiaiosa (fg^{R31}), il sondaggio SD9, a profondità di 18.50÷20.50 m circa da piano campagna, intercetta una lente argilloso-limosa appartenente alla *litofacies* argillosa dell'unità fluvioglaciale fg^{R34}. L'orizzonte argilloso-limoso (fg^{R34}) è di colore grigio scuro-nerastro e risulta a luoghi ricco di materiale organico. Inoltre, nella porzione di sezione compresa tra le pk 0+350 e 0+600 affiorano i depositi alluvionali terrazzati e recenti, ovvero depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, lago di meandro e canale in fase di abbandono, nella sua *litofacies* ghiaiosa (bn1).

Tra le pk 0+000 e 0+350, i primi 5 m sono costituiti da riporto antropico.

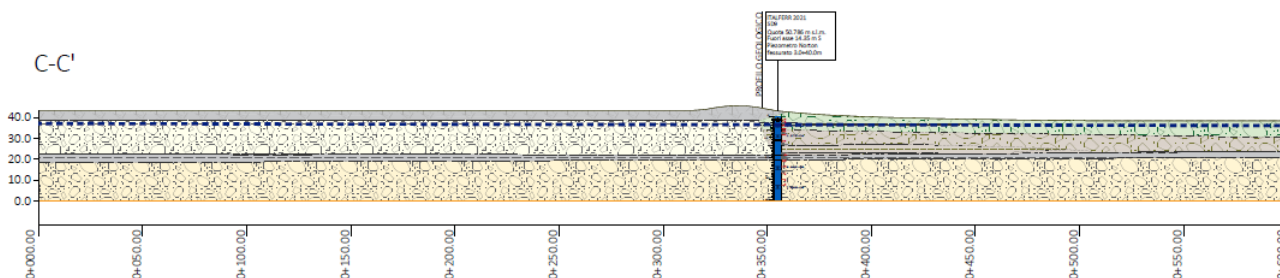


Figura 45. Sezione geologica trasversale C-C'. Stralcio non in scala

Sezione D-D'

La sezione D-D' (Figura 46) interseca il tracciato ferroviario in corrispondenza della pk 154+670 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per lo sviluppo di tale profilo sono stati utilizzati i dati provenienti dalla campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, alle maggiori profondità, è caratterizzata dalle alluvioni fluvioglaciali ghiaiose del Würm, (fg^{R21}) fino a circa 30 m da piano campagna. Al di sopra affiorano le alluvioni fluvioglaciali del Würm recente (fg^{R3}). Per entrambe le unità fluvioglaciali, la *litofacies* è quella ghiaiosa, ovvero costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (\varnothing max >6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli (\varnothing max >10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. Alla base

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

dell'unità ghiaiosa (fg^{R31}), i sondaggi S23 e S21, a profondità di circa 29.00÷31.00 m da piano campagna, intercettano una lente argilloso-limosa appartenente alla *litofacies* argillosa dell'unità fluvioglaciale fg^{R3}. L'orizzonte argilloso-limoso (fg^{R34}) è di colore grigio scuro-nerastro e risulta a luoghi ricco di materiale organico.

Nella porzione di sezione compresa tra le pk 0+000 e 0+052 affiorano i depositi alluvionali terrazzati, ovvero depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, lago di meandro e canale in fase di abbandono, nella sua *litofacies* ghiaiosa (bn1).

Lungo tutta la sezione, i primi 5 m sono costituiti da riporto antropico.

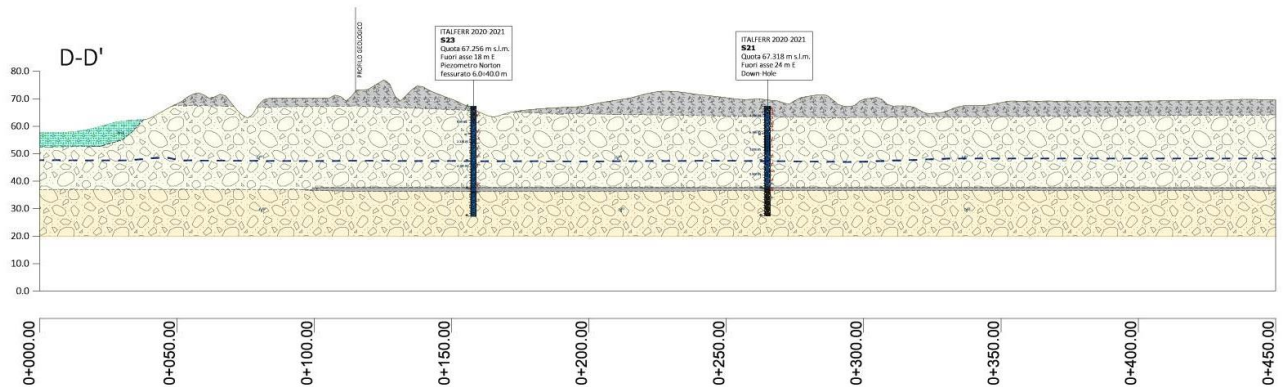


Figura 46. Sezione geologica trasversale D-D'. Stralcio non in scala.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

11 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Nel seguente capitolo vengono riportati gli aspetti idrografici e idrogeologici dell'area.

11.1 IDROGRAFIA

Dal punto di vista idrografico, il principale corso d'acqua dell'area in esame è il fiume Adige (Figura 47). L'Adige nasce presso il Passo Resia (*Reschenpass*) in Alta Val Venosta (*Obervinschgau*), ad una quota di 1586 m s.l.m., ha un bacino imbrifero di circa 12.100 km² e sfocia nel mare Adriatico, tra la foce del Brenta e il delta del Po, dopo aver percorso circa 409 km. A Verona la portata media nel periodo storico 2004-2018 è stata pari a 123 m³/s, con una portata minima di 36 m³/s e massima di 1254 m³/s.

Il reticolo idrografico superficiale è generalmente semplice, con solchi vallivi unitari ramificati solo verso le testate delle valli. In provincia di Verona, l'Adige ha un solo affluente rilevante: il torrente Tasso, che nasce dalle pendici meridionali del Monte Baldo e sfocia in destra idrografica dell'Adige in località Ragano di Rivoli Veronese.

Complessivamente la superficie occupata dal bacino è di 70 km², con uno sviluppo del reticolo idrografico di circa 20 km. Tutti gli altri affluenti veronesi sono in sinistra idrografica e si originano nell'area montana dei Lessini; hanno caratteristiche fisiche e idrologiche simili con regime delle portate irregolari poiché scorrono, soprattutto nei tratti inferiori, su spesse successioni alluvionali, motivo per cui le portate significative sono solo in corrispondenza di eventi meteorici di forte intensità. Sono corsi d'acqua caratterizzati da sviluppo planimetrico generalmente rettilineo e tra loro parallelo e che, talvolta, confluiscono in unico collettore prima di confluire nell'Adige (Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, 2009).

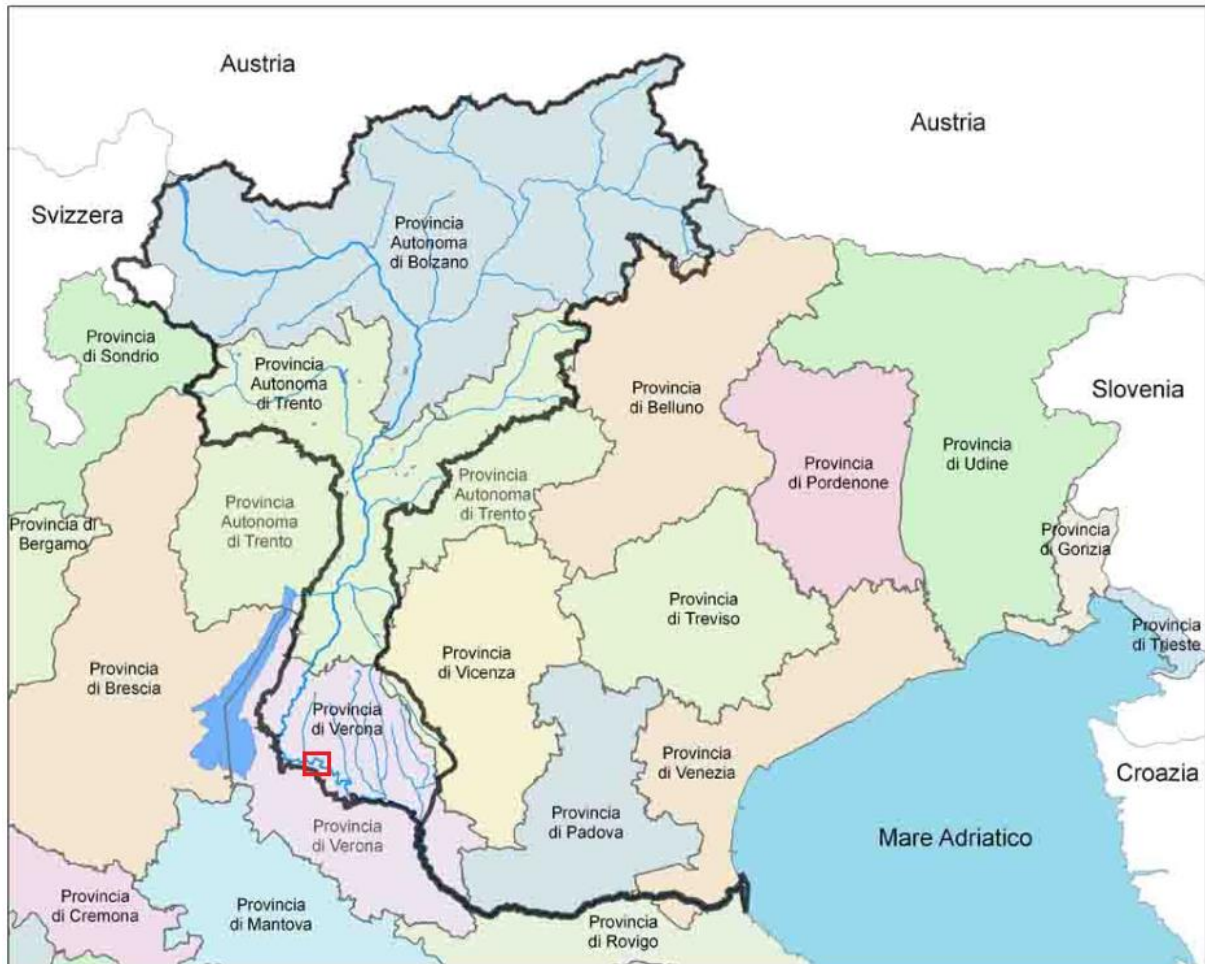


Figura 47. Limite idrografico e confini amministrativi del fiume Adige (Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, 2009). Nel riquadro rosso è indicata l'area di studio

Il reticolo idrografico è organizzato secondo alcune direzioni preferenziali. La valle dell'Adige, nel tratto compreso tra Bolzano e lo sbocco in pianura, si dispone secondo un asse circa NNE-SSO. Questa direzione corrisponde a una estesa fascia di deformazione tettonica organizzata intorno ad un lineamento principale, la cosiddetta Linea delle Giudicarie (Castellarin, 2005; Castellarin et al., 2006; Avanzini, 2010), che ha controllato la genesi e lo sviluppo di numerosi elementi morfologici quali valli principali e secondarie, creste montuose e linee di spartiacque. Ai lineamenti giudicariensi si associano, nella zona in esame, altre famiglie di lineamenti tettonici disposti secondo direzioni ricorrenti, nello specifico: un sistema disposto in direzione prevalente NO-SE, che segue la Linea Schio-Vicenza e interessa le valli orientali dell'altopiano dei Lessini; una seconda famiglia con asse circa ONO-ENE, impostata lungo la Linea della Valsugana; infine, una serie di elementi grossomodo paralleli allo spartiacque alpino, che hanno controllato la direzione di numerose valli (Sauro, 1997; Castellarin, 2005; Castellarin et al., 2006; Avanzini, 2010). Il reticolo idrografico si è quindi impostato preferenzialmente lungo queste linee tettoniche che hanno agito come zone di debolezza in cui si sono concentrati i processi superficiali di alterazione, erosione e trasporto. La configurazione attuale del reticolo idrografico principale di questo settore delle Alpi si deve soprattutto agli eventi di deformazione

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

succedutisi a partire dal Miocene, ma anche alla crisi di salinità del Messiniano che ha prodotto intensi processi erosivi e sovra-escavazione delle valli fluviali (Angelucci, 2016).

Il territorio oggetto di studio è inoltre interessato da numerosi scoli e canali i cui alvei sono stati spesso modificati e rettificati sia per esigenze di sviluppo urbanistico sia per l'uso agricolo.

11.2 BACINO IDROGEOLOGICO DELL'ALTA PIANURA VERONESE (VRA)

L'Alta Pianura Veronese è solcata da una fitta rete di paleoalvei disposti con andamento prevalentemente N-S o leggermente NO-SE e costituisce la parte più elevata del conoide pleistocenico atesino-gardesano. La porzione nord del conoide, a ridosso del rilievo prealpino lessineo, ospita la valle olocenica del fiume Adige, profondamente scavata e delimitata da netti orli di terrazzo (Boscolo e Mion, 2008).

Il sottosuolo dell'Alta Pianura Veronese è costituito prevalentemente da materiali sciolti a granulometria grossolana, ghiaioso-sabbiosi, di origine fluvioglaciale, depositati dal fiume Adige e dai corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Monti Lessini, che hanno costruito grandi conoidi sovrapposte con spessori che raggiungono i 200 metri (Figura 48). Questo materasso ghiaioso con permeabilità media elevata, è caratterizzato dalla presenza di un unico grande acquifero freatico indifferenziato e ospita una potente falda freatica, con profondità che variano da circa 50 metri da p.c. nella zona NO di Verona, a circa 1 metro da p.c. nella porzione immediatamente a monte della fascia delle risorgive. Procedendo verso SE si suddivide progressivamente in sistemi di più acquiferi sovrapposti e separati tra loro da livelli di sedimenti fini praticamente impermeabili. Questi livelli a minor permeabilità, assumono notevole importanza nel settore delle risorgive, consentendo nel sottosuolo la strutturazione tipica del sistema multifalde in pressione e l'emergenza dei fontanili (Figura 49) (Boscolo e Mion, 2008).

La Pianura Veneta può essere suddivisa in tre fasce, con andamento SO-NE, circa parallele tra loro che delimitano Alta, Media e Bassa pianura, utilizzando il limite superiore delle risorgive come delimitazione tra Alta e Media pianura, ed il limite tra acquiferi a componente prevalentemente ghiaiosa e acquiferi a componente prevalentemente sabbiosa, come passaggio tra la Media e la Bassa pianura. L'Alta Pianura è sede dell'area di ricarica degli acquiferi alluvionali di tutta la Pianura Veneta. Tra l'Alta e la Bassa Pianura si osserva una differenziazione granulometrica degli orizzonti stratigrafici del substrato; questa variazione determina strutture idrogeologiche non omogenee e disuniformi, variabili soprattutto da monte verso valle: l'Alta Pianura ospita un unico acquifero freatico indifferenziato che, procedendo verso S-E, si differenzia in sistemi di acquiferi confinati sovrapposti, separati da livelli di sedimenti fini a bassa permeabilità (Boscolo e Mion, 2008).

Come si evince dalla Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige - Scala 1:30.000 (

Figura 50), che interessa una parte dell'area di interesse, la direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNO-SSE quindi subparallela alla direzione di deflusso del fiume Adige.

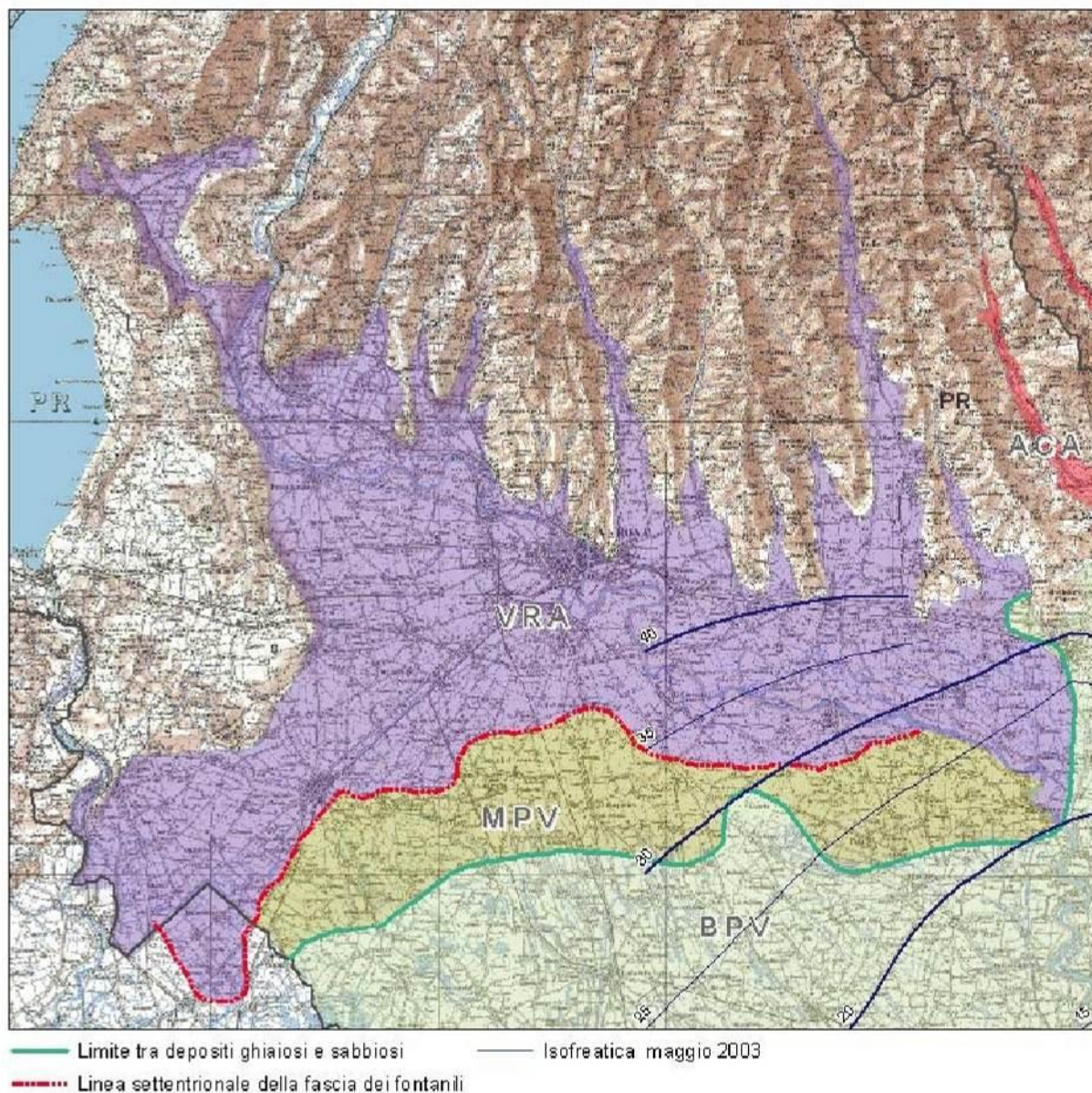


Figura 48. Bacino idrogeologico dell'Alta Pianura Veronese (VRA), diviso dalla Media Valle Padana (MPV) dal limite settentrionale della fascia delle risorgive (Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, 2009)

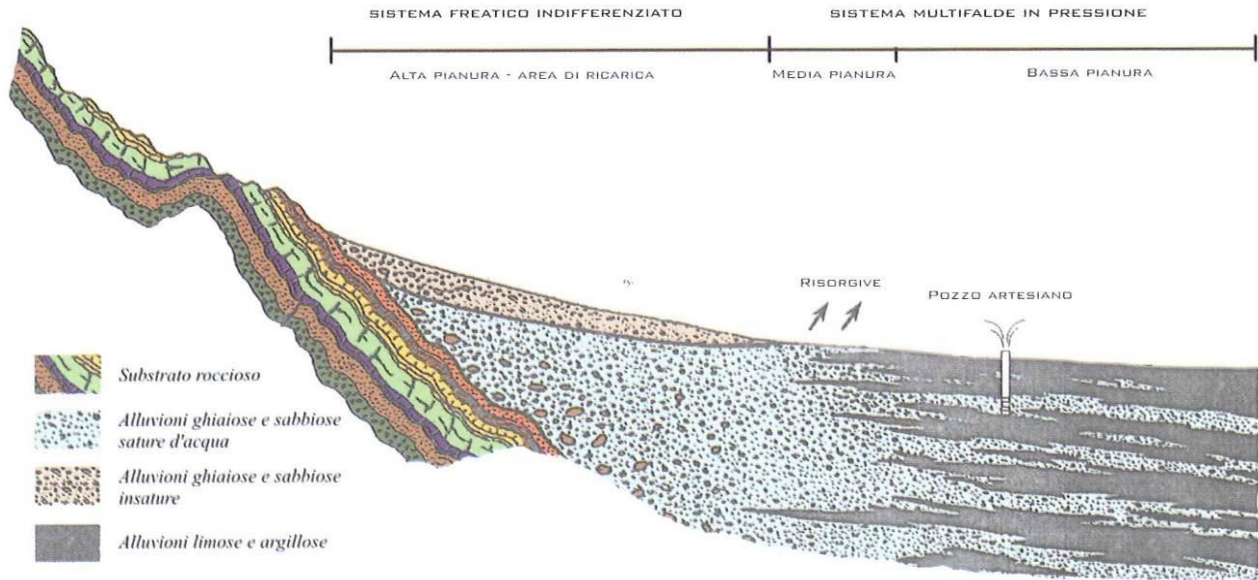


Figura 49. Modello idrogeologico della Pianura Veneta (Prov. VE Serv. Geologico, 2011). Sezione tipo della pianura con direzione N-S. Si distingue la zona dell'Alta Pianura dove avviene la ricarica dell'acquifero, la zona di Media Pianura dove inizia a svilupparsi il sistema multi-falदे in pressione e in cui le acque freatiche vengono a giorno (fascia delle risorgive), ed infine la zona di Bassa Pianura.

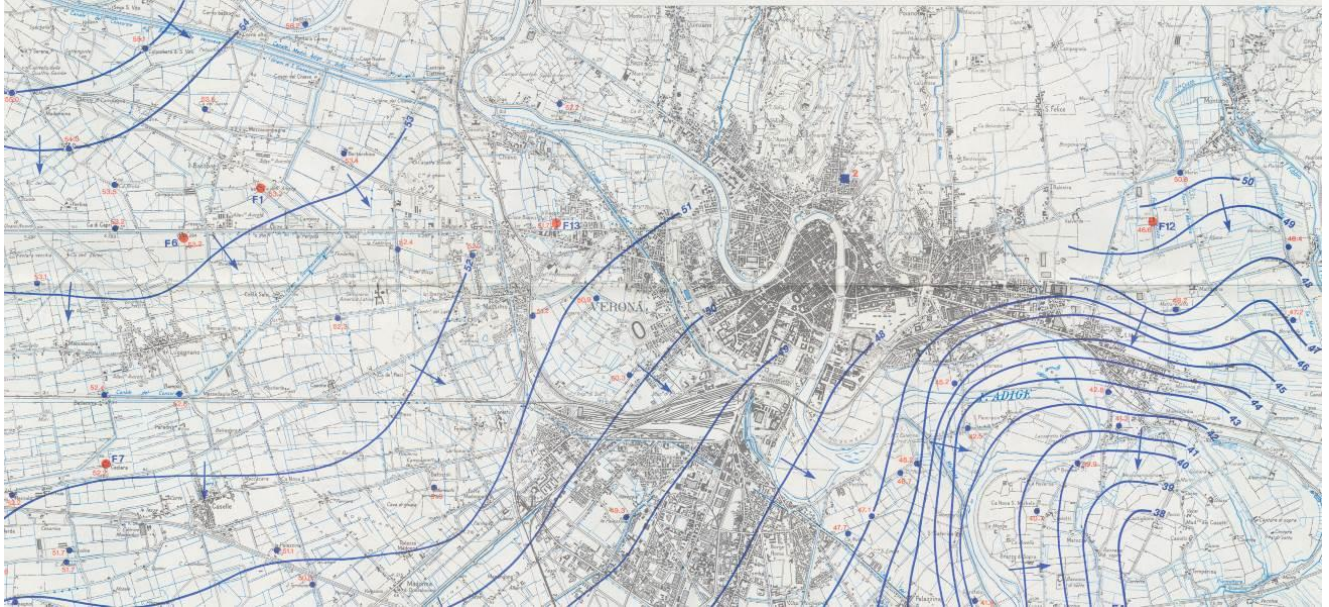


Figura 50. Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige scala 1:30000 (A. Dal Prà e P. De Rossi, 1989); stralcio non in scala

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

11.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologici ed idrogeologici a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella letteratura scientifica riguardante l'area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre si è fatto riferimento ai dati piezometrici e alle informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti.

Infine, lo studio geologico condotto, ha permesso di meglio comprendere le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area.

11.3.1 Dati idrogeologici di base

Nell'ambito delle campagne di indagine che hanno interessato l'area, descritte nel capitolo 4, in particolare campagna geognostica ITALFERR 2020-2021 (paragrafo 0), ITALFERR 2019 (paragrafo 4.1.6), ITALFERR 2016 (paragrafo 4.1.5), ITALFERR 2014 (paragrafo 4.1.3) e ITALFERR 2003 (paragrafo 4.1.2), sono state effettuate prove di permeabilità in foro tipo Lefranc per la definizione della permeabilità delle unità geologiche. Inoltre, allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee ed il relativo andamento della superficie piezometrica, è stata effettuata, ed è a tutt'oggi in essere, una campagna di monitoraggio nei tubi piezometrici installati nei fori di sondaggio di nuova realizzazione ed in alcuni di quelli esistenti.

11.3.2 Prove di permeabilità in foro tipo Lefranc

Per poter definire le caratteristiche di permeabilità dei principali corpi idrogeologici presenti nell'area di intervento, sono state analizzate le prove di permeabilità condotte nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, ITALFERR 2019, ITALFERR 2016, ITALFERR 2014 ed ITALFERR 2003. Nelle tabelle seguenti (Tabella 19, Tabella 22, Tabella 23, Tabella 24 e Tabella 25) sono riportate le caratteristiche delle suddette prove e i valori di permeabilità che ne sono risultati (Figura 51 e Figura 52).

Tabella 19. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
SD1 Adige	4.75	3.46E-04	Lefranc	ALL1
SD1 Adige	10.75	3.27E-04	Lefranc	ALL1
SD1 Adige	36.5	9.99E-05	Lefranc	fgR2_1
SD1 Adige	17.25	3.71E-06	Lefranc	fgR3_4
SD2	8.25	5.15E-05	Lefranc	fgR3_1
SD2	13.50	4.71E-05	Lefranc	fgR3_1
SD2	1.75	1.91E-04	Lefranc	R
SD2	3.50	8.52E-05	Lefranc	R

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
SD2 Adige	5.25	3.87E-04	Lefranc	ALL1
SD2 Adige	11.25	4.11E-04	Lefranc	ALL1
SD2 Adige	35.25	3.05E-04	Lefranc	fgR2_1
SD2 Adige	17.25	2.01E-06	Lefranc	fgR3_4
SD3	18.75	1.10E-05	Lefranc	fgR2_1
SD3	5.25	1.36E-04	Lefranc	fgR3_1
SD3	8.50	1.27E-05	Lefranc	fgR3_1
SD3	13.50	3.15E-05	Lefranc	fgR3_1
SD3	2.50	1.86E-04	Lefranc	R
SD4	6.00	8.49E-05	Lefranc	fgR3_1
SD4	10.50	4.95E-05	Lefranc	fgR3_1
SD4	19.50	4.63E-06	Lefranc	fgR3_4
SD4	2.00	1.30E-03	Lefranc	R
SD4	4.50	9.83E-05	Lefranc	R
SD5	3.50	8.90E-05	Lefranc	ALL1
SD5	7.50	1.06E-04	Lefranc	ALL1
SD5	13.40	7.38E-05	Lefranc	fgR3_1
SD5	18.75	1.64E-04	Lefranc	fgR3_1
SD6	1.75	5.84E-04	Lefranc	ALL1
SD6	8.80	2.58E-04	Lefranc	ALL1
SD6	5.25	7.55E-06	Lefranc	ALL2
SD6	14.50	4.12E-04	Lefranc	fgR2_1
SD7	10.35	6.72E-05	Lefranc	ALL2
SD7	12.30	1.04E-05	Lefranc	ALL2
SD7	14.50	2.32E-04	Lefranc	fgR2_1
SD7	2.50	1.40E-04	Lefranc	R
SD8	2.00	5.80E-04	Lefranc	ALL1
SD8	3.75	1.37E-04	Lefranc	ALL1
SD8	6.75	2.11E-04	Lefranc	ALL1
SD8	16.00	2.51E-04	Lefranc	fgR2_1
SD8	12.00	2.77E-06	Lefranc	fgR3_4
SD9	2.75	2.67E-04	Lefranc	ALL1
SD9	5.50	1.37E-04	Lefranc	ALL1
SD9	13.50	8.88E-05	Lefranc	fgR2_1
SD9	18.00	7.68E-05	Lefranc	fgR2_1
SD10	15.00	2.48E-05	Lefranc	fgR2_1
SD10	19.50	9.75E-05	Lefranc	fgR2_1
SD10	9.75	4.26E-05	Lefranc	fgR3_1
SD10	1.25	4.89E-03	Lefranc	R
SD10	4.50	6.34E-05	Lefranc	R
SD12	20.25	1.28E-04	Lefranc	fgR2_1

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
SD12	5.25	9.58E-05	Lefranc	fgR3_1
SD12	11.50	1.09E-05	Lefranc	fgR3_4
SD12	1.25	2.74E-04	Lefranc	R
SD13	19.20	4.34E-05	Lefranc	fgR2_1
SD13	4.00	9.34E-05	Lefranc	fgR3_1
SD13	7.00	4.07E-05	Lefranc	fgR3_1
SD13	1.75	2.58E-04	Lefranc	R
SD14	5.50	2.47E-04	Lefranc	fgR3_1
SD14	10.00	3.17E-05	Lefranc	fgR3_1
SD14	18.75	3.45E-05	Lefranc	fgR3_1
SD14	2.50	4.31E-04	Lefranc	R
SD15	18.50	4.67E-05	Lefranc	fgR2_1
SD15	5.75	1.43E-04	Lefranc	fgR3_1
SD15	10.00	3.20E-04	Lefranc	fgR3_1
SD15	2.50	2.18E-03	Lefranc	R
SD15	4.00	7.03E-04	Lefranc	R

Tabella 20. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021 (Verona Ovest)

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
S6	2.0	9.39E-05	Lefranc	fgR2_1
S6	9.5	3.72E-04	Lefranc	fgR2_1
S6	15.5	3.64E-04	Lefranc	fgR2_1
S7	3.5	2.30E-04	Lefranc	fgR2_1
S7	14.0	7.12E-05	Lefranc	fgR2_1
S7	24.5	4.78E-05	Lefranc	fgR2_1
S7bis	34.0	4.86E-05	Lefranc	fgR2_1
S8	3.5	3.06E-05	Lefranc	fgR2_1
S8	5.0	2.21E-04	Lefranc	fgR2_1
S8	15.8	1.74E-05	Lefranc	fgR2_1
S8	33.5	2.71E-05	Lefranc	fgR2_1
S9	2.0	2.37E-04	Lefranc	fgR3_1
S9	11.3	4.09E-05	Lefranc	fgR3_1
S9	21.5	4.25E-05	Lefranc	fgR3_1
S10	4.3	1.89E-04	Lefranc	fgR3_1
S10	17.3	4.24E-05	Lefranc	fgR3_1
S10	27.5	3.53E-05	Lefranc	fgR3_1
S10	35.0	6.10E-05	Lefranc	fgR2_1
S10	38.3	1.01E-04	Lefranc	fgR2_1

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
S11	3.5	1.21E-04	Lefranc	fgR3_1
S11	14.5	2.75E-05	Lefranc	fgR3_1
S12	2.0	2.41E-04	Lefranc	fgR3_1
S12	11.0	6.99E-05	Lefranc	fgR3_1
S13	2.8	3.39E-04	Lefranc	fgR3_1
S13	8.5	7.66E-05	Lefranc	fgR3_1
S13	15.8	2.33E-05	Lefranc	fgR3_1
S13	27.8	3.04E-05	Lefranc	fgR3_1
S13	40.5	2.13E-05	Lefranc	fgR2_1
S14	4.3	2.07E-04	Lefranc	fgR3_1
S14	15.5	6.43E-05	Lefranc	fgR3_1
S14	24.5	4.87E-05	Lefranc	fgR3_1
S14	33.8	7.10E-05	Lefranc	fgR2_1
S15	3.5	1.38E-04	Lefranc	fgR3_1
S15	11.3	7.08E-05	Lefranc	fgR3_1
S15	27.5	3.15E-05	Lefranc	fgR3_1
S16	1.8	5.93E-04	Lefranc	fgR3_1
S16	3.5	1.60E-04	Lefranc	fgR3_1
S16	14.3	5.03E-05	Lefranc	fgR3_1
S16	23.3	3.13E-05	Lefranc	fgR3_1
S16	35.3	1.55E-05	Lefranc	fgR2_1
S19	2.3	3.90E-04	Lefranc	R
S19	6.8	6.84E-05	Lefranc	R
S19	12.8	3.98E-05	Lefranc	fgR3_1
S19	18.8	2.46E-05	Lefranc	fgR3_1
S19	29.3	2.12E-05	Lefranc	fgR3_1
S20	1.8	5.03E-04	Lefranc	fgR3_1
S20	9.5	5.33E-04	Lefranc	fgR3_1
S20	21.5	2.08E-05	Lefranc	fgR3_1
S21	3.5	3.22E-04	Lefranc	fgR3_1
S21	9.5	6.36E-05	Lefranc	fgR3_1
S21	15.8	1.81E-05	Lefranc	fgR3_1
S21	24.8	1.90E-05	Lefranc	fgR3_1
S22	2.5	1.41E-04	Lefranc	fgR2_1
S22	12.5	3.66E-05	Lefranc	fgR2_1
S22	25.5	1.82E-05	Lefranc	fgR2_1
S23	5.5	8.00E-05	Lefranc	fgR3_1
S23	12.8	2.32E-05	Lefranc	fgR3_1
S23	21.8	2.79E-05	Lefranc	fgR3_1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Tabella 21. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
VR01	25.25	1.10E-04	Lefranc	fgR2_1
VR01	12.25	4.66E-04	Lefranc	ALL1

Tabella 22. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2019.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
BH1	1.5	4.34E-05	Lefranc	R
BH1	9.5	3.83E-05	Lefranc	fgR3_1
BH2	1.5	1.21E-04	Lefranc	R
BH2	11.3	3.95E-05	Lefranc	fgR3_1

Tabella 23. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2016.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
S01	8.8	4.11E-05	Lefranc	fgR3_1
S03	14.3	1.72E-05	Lefranc	fgR3_1

Tabella 24. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2014.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
SCL281R03	10.0	1.55E-05	Lefranc	fgR3_1
PNL281R02	25.3	7.62E-06	Lefranc	fgR3_1
DHL281R01	19.8	1.25E-05	Lefranc	fgR3_1

Tabella 25. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2003.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
XL281RG05	28.4	1.49E-04	Lefranc	fgR3_1
XL281RG04	22.8	2.67E-04	Lefranc	fgR3_1

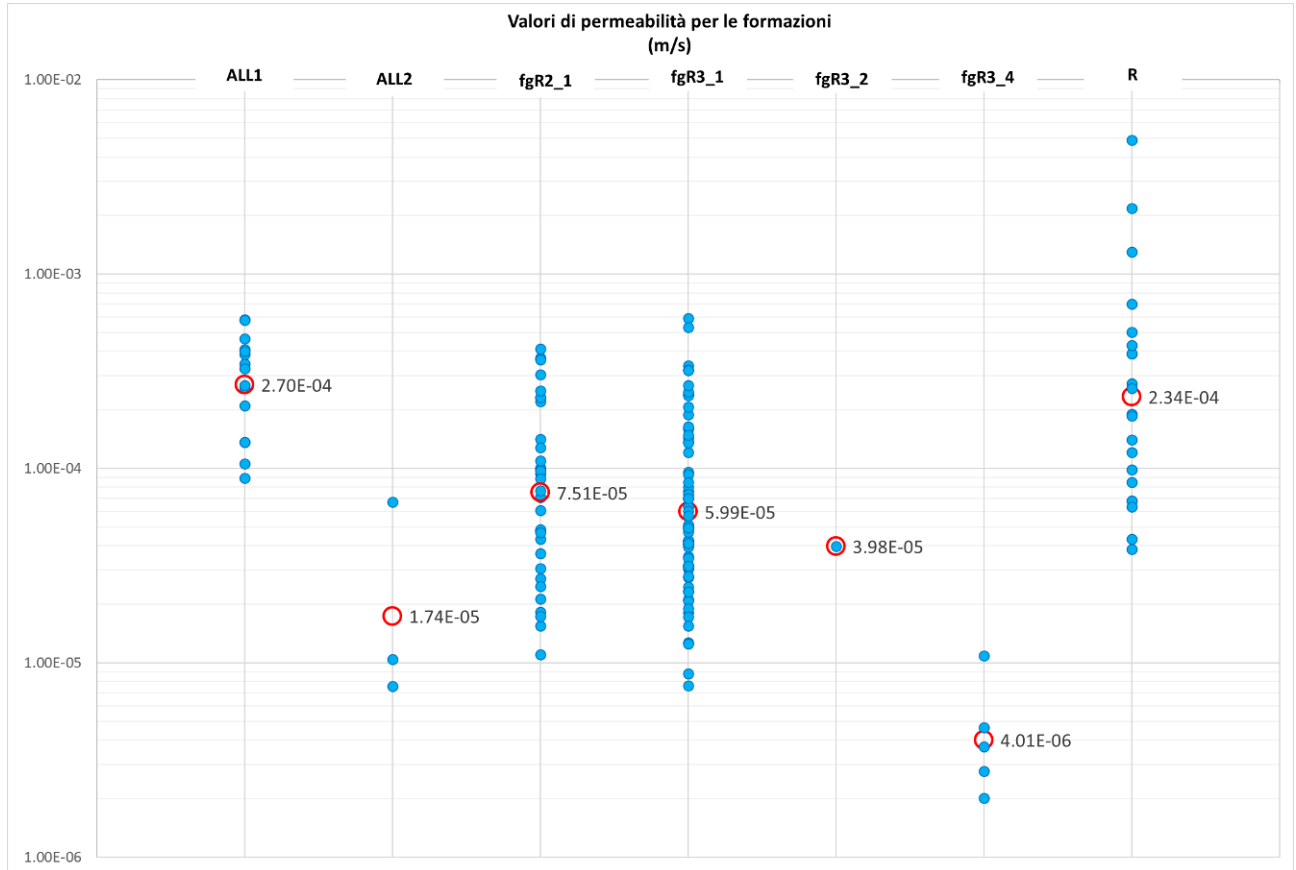


Figura 51 - Variazione dei valori di permeabilità per le unità geologiche e per il riporto.

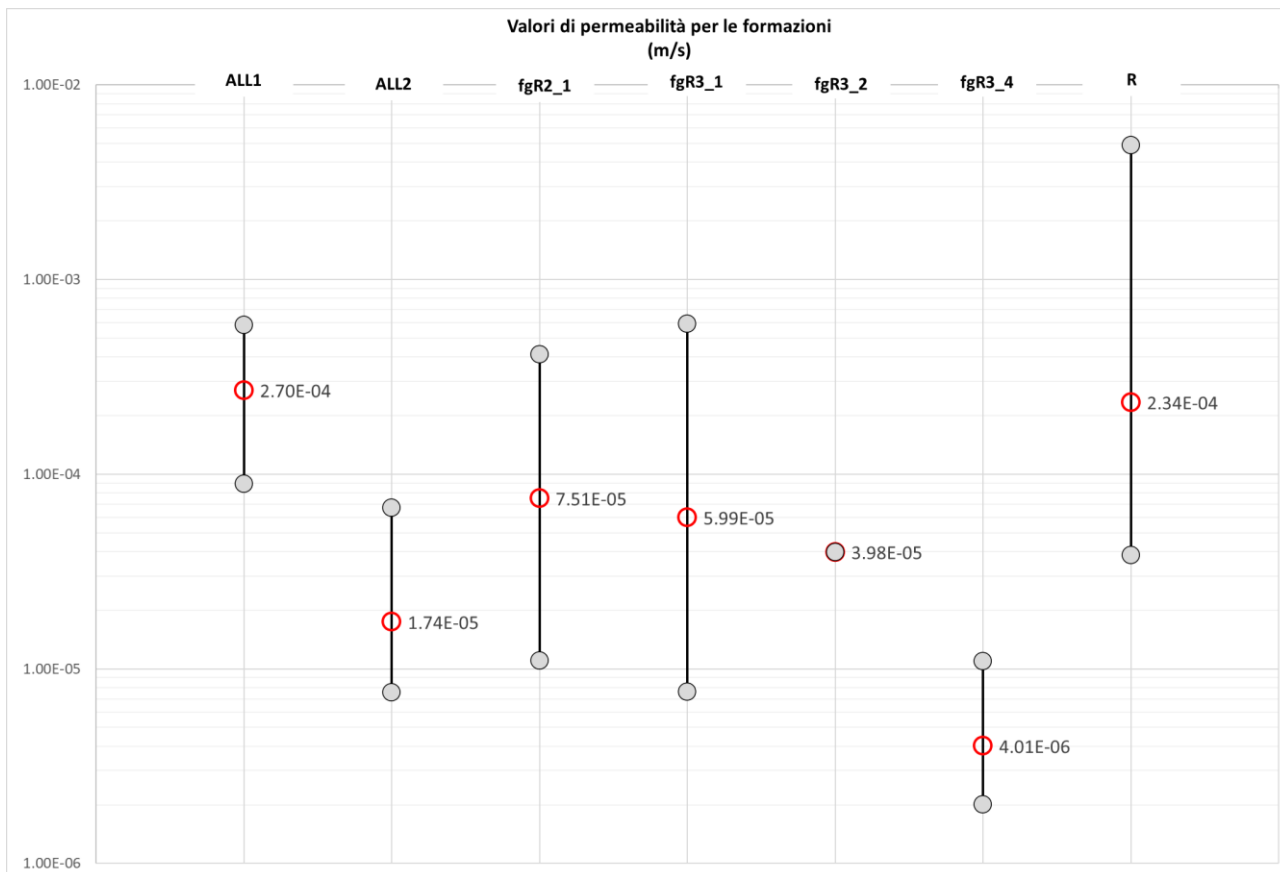


Figura 52. Valore massimo, minimo e medio di permeabilità per le unità geologiche e per il riporto.

11.3.3 Complessi idrogeologici

Le prove di permeabilità eseguite nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine hanno permesso di identificare quattro distinti complessi idrogeologici:

Complesso dei Materiali di Riporto (CMR)

Materiali di riporto a composizione variabile, generalmente ghiaie in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa da scarsa ad abbondante; localmente sono presenti laterizi, ciottoli e blocchi; a luoghi si rinvenivano passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con locali ghiaie.

Costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei e anisotropi; sono potenzialmente sede di falde idriche di discreta rilevanza, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta.

Complesso ghiaioso-sabbioso (CGS)

Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli e blocchi da angolosi a sub-angolosi e lenti di sabbie ghiaiose; a luoghi si rinvenivano passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei e anisotropi; sono sede di falde idriche di discreta rilevanza, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è generalmente media.

Le unità geologiche che costituiscono il complesso ghiaioso-sabbioso sono i depositi fluvioglaciali (fg^{R31}) e (fg^{R21}) ed i depositi alluvionali attuali, recenti e terrazzati a composizione prevalentemente ghiaiosa.

Nell'area il Complesso Ghiaioso Sabbioso è localmente caratterizzato dalla presenza di lenti di spessore generalmente metrico o decimetrico materiali prettamente sabbiosi, limosi e argilloso limosi. Nei tratti ove le lenti sono di spessore limitato e scarsa estensione laterale, gli stessi non possono essere considerati un complesso idrogeologico, ma, quando le lenti diventano continue e di spessore plurimetrico, le stesse possono essere considerati veri e propri complessi idrogeologici.

Complesso sabbioso-limoso (CSL)

Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie e ciottoli poligenici, da angolosi ad arrotondati; a luoghi si rinvengono passaggi di argille, limi argillosi, limi sabbioso-argillosi e sabbie argilloso limose a struttura indistinta o debolmente laminata, con resti vegetali e rare ghiaie e ciottoli poligenici, da angolose ad arrotondate.

Costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è generalmente medio bassa.

Le unità geologiche che costituiscono il complesso sabbioso-limoso sono depositi fluvioglaciali (fg^{R32}) e (fg^{R22}) ed i depositi alluvionali attuali, recenti e terrazzati a composizione prevalentemente sabbiosa.

Complesso argilloso-limoso (CAL)

Argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, a luoghi stratificata, con frequenti intercalazioni di argille limoso-sabbiose e limi argilloso-sabbiosi; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbioso-argillosi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose ad arrotondate; talora sono presenti livelli di torbe e terreni organici, con incluse concrezioni e patine di ossidazione.

Costituiscono dei limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquiclude* di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-ghiaiosi più spessi. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa.

Le unità geologiche che costituiscono il complesso argilloso limoso sono depositi fluvioglaciali limosi (fg^{R33}) e argillosi (fg^{R44}) e i depositi alluvionali attuali, recenti e terrazzati a composizione prevalentemente limosa e argillosa.

In riferimento alle prove di permeabilità eseguite per i vari complessi individuati, nelle seguenti figure sono graficati i valori di permeabilità ottenuti

Figura 53) e indicati i valori massimo, minimo e medio di permeabilità per ogni complesso (Figura 54).

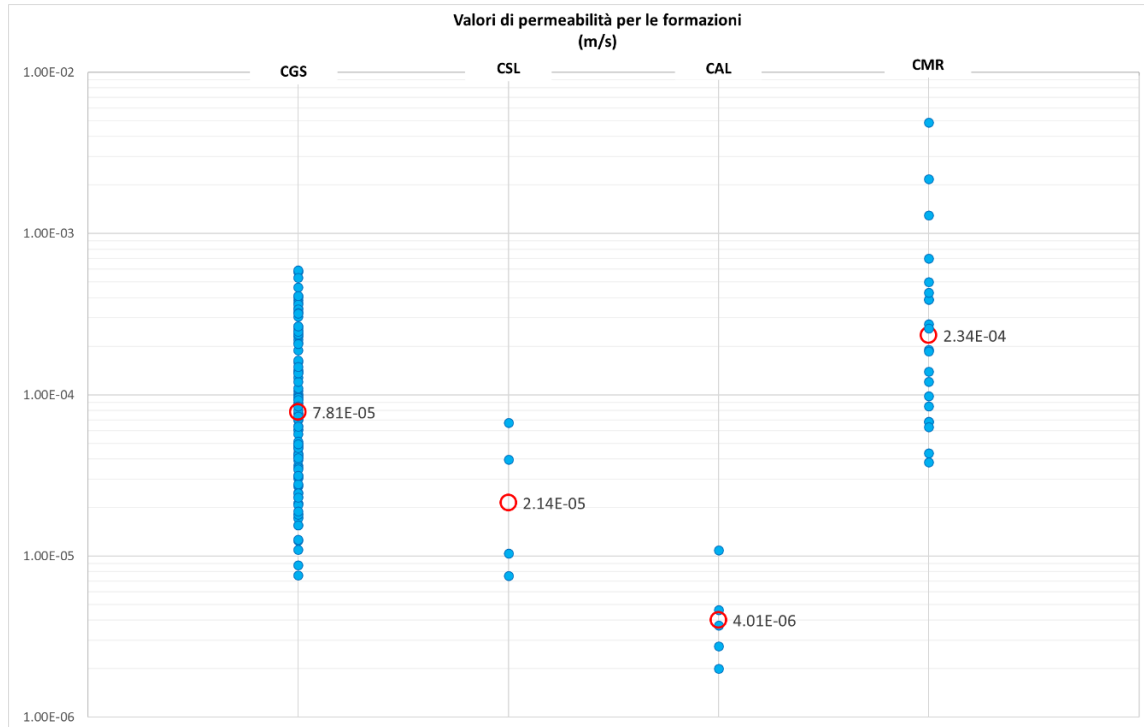


Figura 53. Variazione dei valori di permeabilità dei complessi idrogeologici

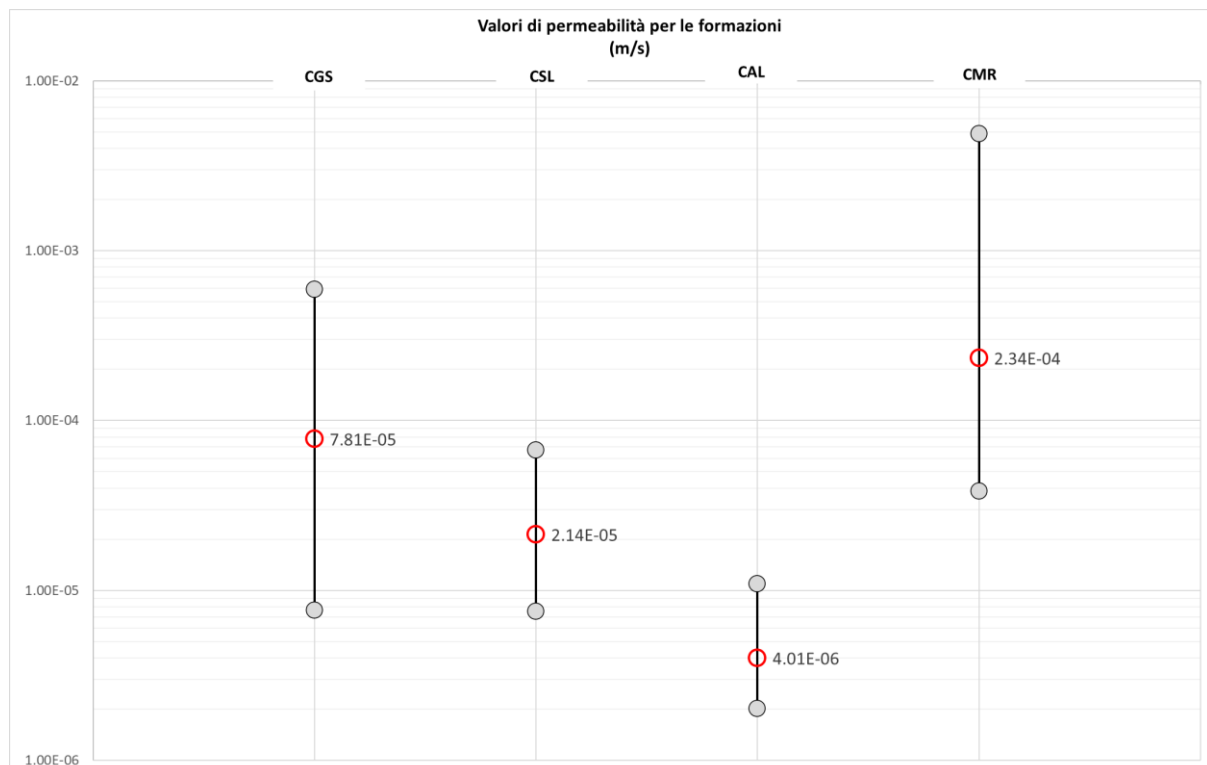


Figura 54. Valore massimo, minimo e medio di permeabilità dei complessi idrogeologici

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

11.4 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Il monitoraggio piezometrico della nuova campagna indagini è iniziato a marzo 2021 ed è tutt'ora in corso. Tuttavia, sono ancora in corso i monitoraggi delle precedenti campagne indagini ITALFERR.

11.4.1 Piezometri ITALFERR 2021 (Tratta Verona Est)

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021 sono indicati in Tabella 26.

Tabella 26. Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
SD3	50	Piezometro Tubo Aperto 2"	15.0÷30.0
SD2	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	33.0÷40.0
SD4	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
SD5	30	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷30.0
SD9	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	3.0÷40.0
SD10	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷21.0
SD12	42	Piezometro Tubo Aperto 2"	4.0÷40.0
SD13	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷26.0
SD14	42	Piezometro Tubo Aperto 2"	24.0÷40.0
SD15	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0

11.4.2 Piezometri ITALFERR 2020-2021 (Tratta Verona Ovest)

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021 (Tratta Verona Ovest) sono indicati in Tabella 27.

Tabella 27. Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
S1	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S2	50	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷50.0
S4	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S5	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S6	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	3.0÷40.0
S7	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S8	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	3.0÷40.0
S9	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S11	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S12	42	Piezometro Tubo Aperto 2"	36.0÷42.0
S13	50	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷50.0
S14	42	Piezometro Tubo Aperto 2"	34.0÷42.0
S15	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S16	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S19	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	9.0÷30.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
S20	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S22	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S23	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0

11.4.3 Piezometri ITALFERR 2016

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2016 sono indicati in Tabella 28.

Tabella 28. Campagna geognostica ITALFERR 2016

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
S01	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0
S02	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0

11.4.4 Piezometri ITALFERR 2014

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2014 sono indicati in Tabella 29.

Tabella 29. Campagna geognostica ITALFERR 2014

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
PNL281R02	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	12.0÷30.0
SCL281R03	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0
PNL281R04	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0

11.4.5 Piezometri ITALFERR 2003

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2003 sono indicati in Tabella 30.

Tabella 30. Campagna geognostica ITALFERR 2003

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
XL281PG01	50	Piezometro Tubo Aperto 1.5"	24.0÷50.0
XL281RG04	35	Piezometro Tubo Aperto 1.5"	18.0÷35.0
XL281RG05	30	Piezometro Tubo Aperto 1.5"	18.0÷30.0

11.4.6 Piezometri ITALFERR 2021 (Tratta Verona Nord-Lotto 4)

Dell'areale di Verona sono in corso di monitoraggio anche i piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021 inerenti il lotto 4, ovvero l'area Nord in direzione Brennero, le indicazioni sulle caratteristiche della strumentazione è indicati in Tabella 31.

Tabella 31. Campagna geognostica ITALFERR 2021 lotto 4

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
VN1	40	Piezometro Tubo Aperto 3"	6.0÷40.0
VN3	40	Piezometro Tubo Aperto 3"	6.0÷40.0
VN5	40	Piezometro Tubo Aperto 3"	3.0÷40.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
VN7	40	Piezometro Tubo Aperto 3”	6.0÷40.0
VN9	50	Piezometro Tubo Aperto 3”	33.0÷47.0

11.4.7 Risultati del monitoraggio piezometrico

In Tabella 32 si riportano invece le letture piezometriche eseguite contemporaneamente alle fasi di perforazione dei sondaggi della campagna indagini 2020-2021 (ottobre 2020-febbraio 2021).

Tabella 32. Risultati delle letture piezometriche eseguite contemporaneamente alle fasi di perforazione dei sondaggi (ottobre 2020-febbraio 2021)

SONDAGGIO	Prof. (m da p.c.)	Tratto microfessurato (m)	Data di installazione	ott-20	nov-20	dic-20	gen-21	feb-21
S1	40.00	6.00/40.00	14.11.2020		32.32			33.18
S2	50.00	6.00/40.00	03.11.2020		33.69			34.72
S4	40.00	6.00/40.00	18.12.2020			33.92	33.74	34.10
S5	40.00	6.00/40.00	19.11.2020		32.56			33.43
S6	40.00	3.00/40.00	27.10.2020	25.02	32.37			33.63
S7	40.00	6.00/40.00	01.12.2020			26.37		33.88
S8	40.00	3.00/40.00	02.11.2020		32.34			33.22
S9	40.00	6.00/40.00	01.12.2020			22.75		23.21
S11	40.00	6.00/40.00	27.11.2020		22.79	22.92		23.40
S12	42.00	36.00/40.00	01.12.2020			24.42		24.85
S13	50.00	6.00/50.00	15.01.2021				33.74	24.78
S14	42.00	34.00/40.00	14.12.2020			23.00		23.56
S16	40.00	6.00/40.00	05.02.2021					23.47
S15	40.00	6.00/40.00	12.01.2021				27.05	27.40
S19	30.00	9.00/40.00	14.01.2021				19.30	19.66
S20	40.00	6.00/40.00	27.11.2020		21.28			25.83
S22	40.00	6.00/40.00	18.11.2020		30.36			31.10
S23	40.00	6.00/40.00	26.01.2021				19.35	19.57

In Tabella 33 sono riportati i livelli di falda registrati nel corso della campagna di monitoraggio piezometrico tra marzo e agosto 2021. Si segnala che il monitoraggio è tutt’oggi in corso.

Tabella 33. Risultati del monitoraggio piezometrico del periodo marzo-agosto 2021

PIEZOM. Sigla	17/03	27/04	25/05	05/07	27/07	24/08	05/10	26/10	17/11
	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
S1*	33,40	33,67	33,55	32,85	32,25	31,75	31,50	32,05	32,60
S2*	34,93	35,30	35,10	34,50	33,85	33,40	33,10	33,65	34,25
S4*	34,33	34,66	34,47	33,80	33,25	32,75	32,50	33,00	33,55
S5*	33,62	15,02	27,80	32,80	32,10	32,20	31,80	32,40	32,90
S6	33,80	34,22	34,00	33,35	32,80	32,40	32,05	32,60	33,10
S7	34,10	21,00	24,20	22,45	23,60	22,40	32,30	32,85	33,35
S8	33,43	33,80	33,62	32,95	32,45	31,95	31,65	32,20	32,70

PIEZOM. Sigla	17/03	27/04	25/05	05/07	27/07	24/08	05/10	26/10	17/11
	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
S9	23,40	23,80	23,63	23,00	22,55	22,10	21,80	22,30	22,75
S11	23,57	24,00	23,80	23,15	22,70	22,20	21,90	22,45	22,90
S12	25,05	25,43	25,25	24,70	24,20	23,70	23,55	23,95	24,40
S13	24,95	25,30	25,15	24,60	24,20	23,75	23,50	23,90	24,35
S14	23,80	24,13	23,93	23,45	23,00	22,50	22,30	22,75	23,15
S15	27,55	27,90	27,70	27,20	26,80	26,30	26,10	26,50	non acc.
S16	23,73	24,00	23,83	23,30	22,85	22,40	22,20	22,60	23,05
S19	19,87	20,20	20,15	19,90	19,65	19,20	19,00	19,20	19,35
S20	26,00	26,35	26,20	25,70	25,25	24,80	24,60	25,00	25,45
S22	31,35	31,70	31,50	30,85	30,30	29,85	29,55	30,10	30,60
S23	19,75	20,17	20,00	19,55	19,20	18,75	18,50	18,80	19,20
SD2_est	20,93	21,25	21,15	20,70	20,30	19,90	19,70	20,00	20,40
SD3_est	19,85	20,20	20,05	19,70	19,30	18,80	18,60	18,90	19,30
SD4_est	18,75	19,00	non acc.	18,65	18,50	18,15	non acc.	18,25	18,30
SD9_est	non realiz.	non realiz.	3,90	3,80	3,60	3,40	3,50	non acc.	3,70
SD10_est	non realiz.	8,10	7,63	7,55	7,50	7,30	7,65	7,65	7,75
SD12_est	non realiz.	6,00	5,65	5,50	5,35	5,10	non acc.	5,40	5,50
SD13_est	non realiz.	10,65	10,40	10,45	10,50	10,40	10,70	10,75	10,75
SD14_est	10,35	10,66	10,30	10,30	10,15	10,00	10,10	10,25	10,35
SD15_est	non realiz.	19,53	19,43	19,15	18,80	18,40	18,20	18,40	18,60
VN1*	non realiz.	non realiz.	13,80	13,25	12,85	12,40	12,20	12,60	13,00
VN3*	non realiz.	non realiz.	19,60	19,00	18,60	18,10	18,05	18,45	18,90
VN5*	non realiz.	non realiz.	31,40	30,55	30,10	29,55	29,60	30,10	30,60
VN7*	non realiz.	non realiz.	non realiz.	31,70	31,50	31,20	31,30	31,50	32,00
VN9*	non realiz.	non realiz.	non realiz.	47,50	47,50	47,50	47,50	47,50	47,50
BH1	-	-	-	-	-	18,50	18,40	18,60	18,65
S01	20,15	20,50	20,35	20,00	19,55	19,20	18,90	19,20	19,55
S02	20,02	20,37	20,18	19,95	19,80	19,40	19,30	19,40	19,55
PNL281R02	24,77	25,10	24,90	24,40	23,95	23,50	23,25	23,70	24,15
SCL281R03	28,25	28,70	28,45	27,80	27,25	26,85	26,40	27,10	27,60
PNL281R04	asciutto	asciutto	asciutto	29,70	29,20	28,70	28,40	non acc.	non acc.
PNIB01C01	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	non acc.	asciutto
PNIB01C03	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
PNIB01O04	26,90	28,00	27,75	27,25	27,10	26,70	27,05	27,45	28,00
PNIB01G09	asciutto	asciutto	asciutto	29,65	29,35	28,75	28,85	29,30	29,85
PNIB01G10	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
PNIB01G14	13,55	13,92	13,75	13,20	12,80	12,30	12,15	12,50	12,90

PIEZOM. Sigla	17/03	27/04	25/05	05/07	27/07	24/08	05/10	26/10	17/11
	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
XL281PG01	7,47	7,75	7,50	7,20	6,90	6,65	6,60	6,90	7,00
XL281RG04	19,30	19,62	19,50	19,20	18,80	18,40	18,20	18,40	18,70
XL281RG05	24,80	25,12	25,00	24,50	24,10	23,70	23,40	23,80	24,20

* fuori area di progetto

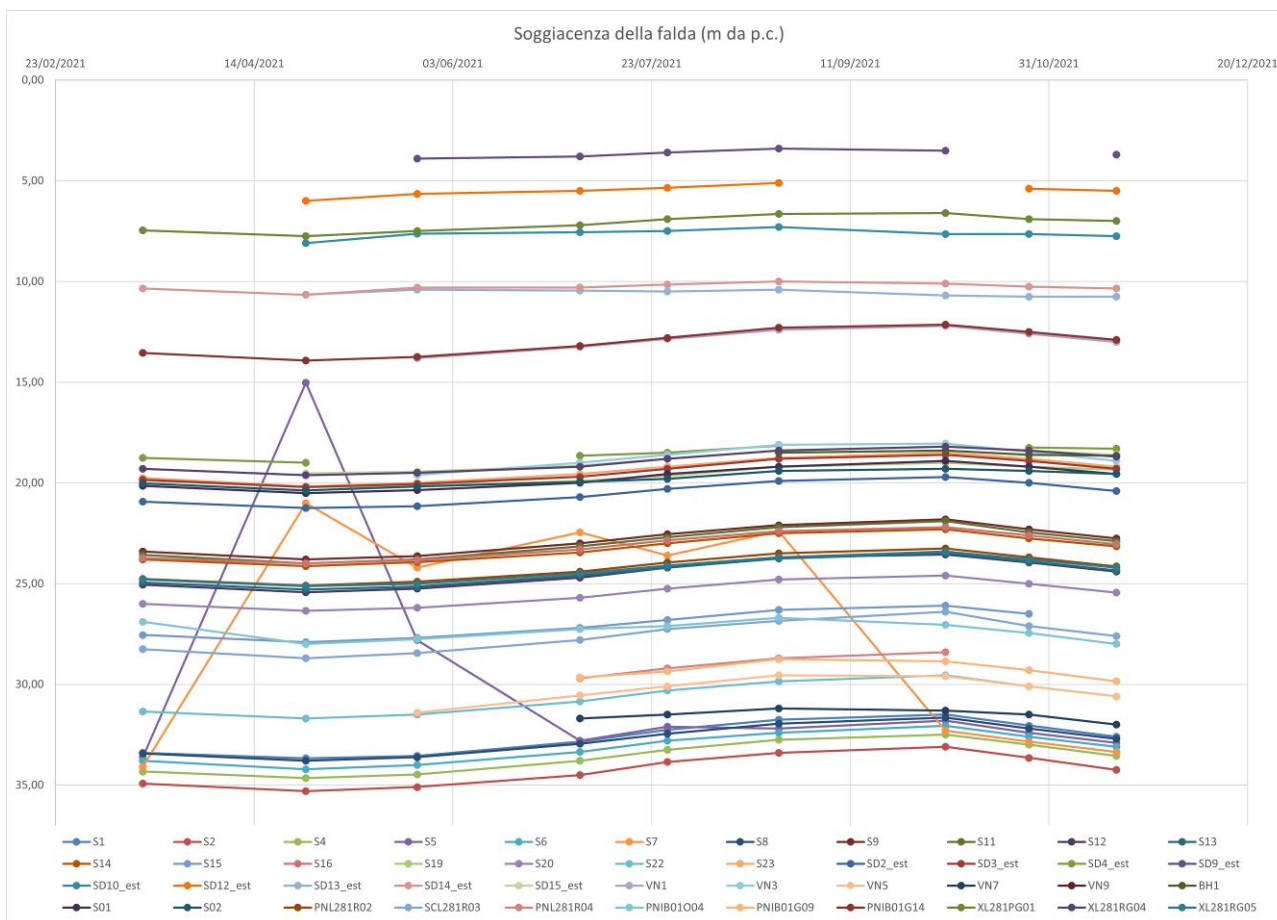


Figura 55. Grafico dell'andamento dei livelli di falda misurati da marzo 2021 a novembre 2021. Per i grafici e le letture di dettaglio si rimanda al "Report monitoraggio piezometrico" (Cod. IN1A20D69RHGE0002001A)

11.4.8 Opere di captazione ed emergenze sorgentizie

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento della falda nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai pozzi presenti nei settori di intervento. In particolare, sono stati acquisiti i seguenti dati bibliografici:

- pozzi P.A.T. (Piano di Assetto del Territorio) del Comune di Verona (vedi ubicazione nelle cartografie di riferimento);
- pozzi del Comune di Verona con misura piezometrica (Tabella 34);
- pozzi ad uso acquedottistico di Acque Veronesi.

Tabella 34. Dati piezometrici di alcuni pozzi del PAT (Piano di Assetto del Territorio) del Comune di Verona.

CODICE	NORD	EST	QUOTA_SLM	FREATIMETR	POTENZIALE	TIPO
36	5036130.08	1658816.77	68.35	18.28	50.07	VALPANTENA
35	5035249.92	1658247.42	67.04	20.65	46.39	VALPANTENA
10	5034196.7	1648169.26	96.38	45.18	51.2	PIANURA
9	5034314.92	1647324.77	101	50.61	50.39	PIANURA
65	5033253.85	1650182	86.04	35.72	50.32	PIANURA
61	5035392.52	1660880.33	58.99	9.59	49.4	VALSQUARANTO
47	5036060.8	1652950.32	67.78	17.16	50.62	PIANURA
37	5036641.21	1647601.57	86.15	34.93	51.22	PIANURA
gozzo	5032813.46	1658252.49	47.94	2.9	45.04	PIANURA
catermini	5027180.1	1650807.02	56.53	9.85	46.68	PIANURA
casotti	5030692.05	1661092.19	44.77	5.63	39.14	PIANURA
campagnetta	5032368.29	1662118.52	52.1	9.03	43.07	PIANURA
spezzapietra	5029703.65	1660201.04	39.56	1.7	37.86	PIANURA
soprinten.	5033600.57	1656421.01	56.71	12.3	44.41	possibile errore
sabbioni	5036962.24	1649648.61	74.64	20.65	53.99	PIANURA
monitorio	5036759.42	1661472.37	67.06	17.8	49.26	VALSQUARANTO
284	5040399.15	1660977.55	130.77	36.82	93.95	VALSQUARANTO
237	5034765.52	1660534.41	60.31	12.8	47.51	VALSQUARANTO
231	5033362.61	1662435.33	55.04	10.05	44.99	PIANURA
218	5025833.71	1657902.13	44.61	5.13	39.48	PIANURA
ca del pozzo	5037049.71	1658323.51	74.35	23.34	51.01	VALPANTENA
belloni	5031999.07	1657885.75	53.58	8.38	45.2	PIANURA
bastioni	5034091.77	1654547.39	62.27	14.1	48.17	PIANURA
416	5032693.02	1654572.25	56.77	8.03	48.74	PIANURA
108	5031127.43	1659185.16	46.45	9.1	37.35	nascosto
105	5030731.41	1656750.37	59.32	12.79	46.53	PIANURA
95	5032555.73	1660078.07	48.76	4.8	43.96	PIANURA
86	5031964.89	1652008.31	72.73	23.31	49.42	PIANURA
159	5026653.14	1655537.13	46.96	4.4	42.56	PIANURA
135	5028336.2	1657166.34	51.07	6.68	44.39	PIANURA
123	5029742.78	1656321.33	57.99	11.95	46.04	PIANURA
116	5029305.69	1651507.26	64.58	16.01	48.57	PIANURA

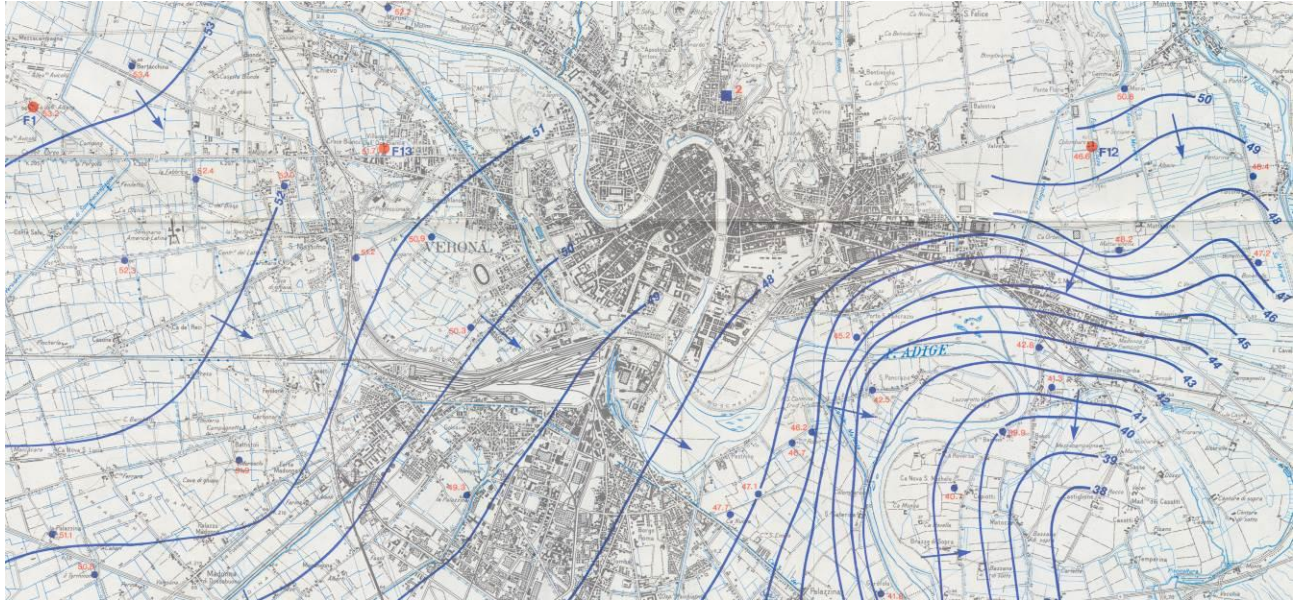


Figura 57. Carta Idrogeologica dell’Alta Pianura dell’Adige scala 1:30000 (A. Dal Prà e P. De Rossi, 1989); stralcio non in scala

11.7 INTERFERENZE CON POZZI

Le potenziali interferenze tra il tracciato di progetto e le fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile (dataset Acque Veronesi), sono state valutate con metodo geometrico assumendo un’area avente raggio pari a 200 m rispetto al singolo pozzo.

Il campo pozzi più vicino al tracciato è il Basso Acquar, localizzato a qualche decina di metri di distanza dal tracciato in progetto, tra la stazione ferroviaria di Verona Porta Nuova e il fiume Adige. Data la prossimità tra il campo pozzi e il tracciato ferroviario, questo ricade all’interno della fascia di rispetto di 200 m del campo pozzi e ne costituisce pertanto un potenziale elemento di interferenza. Nell’area di progetto è presente anche il campo pozzi Porto San Pancrazio, ubicato nei pressi della stazione ferroviaria di Verona Porta Vescovo, a circa 250 m dal tracciato di progetto. Per tale ragione, il tracciato non ricade all’interno della fascia di rispetto del campo pozzi e risulta pertanto non interferente.

Per quanto riguarda l’interferenza con il campo pozzi Basso Acquar, considerando le caratteristiche litostratigrafiche dell’area, costituita, nelle prime decine di metri di profondità da materiali sostanzialmente ghiaiosi e sabbiosi di media permeabilità (ovvero appartenenti al Complesso ghiaioso-sabbioso CGS), si

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A	FOGLIO 94 di 129

potrebbe ritenere che le fasi di progettazione possano interferire con la falda freatica di attingimento dei pozzi. Tuttavia, si ritiene che, data la loro profondità di perforazione, i pozzi Basso Acquar (che raggiungono anche i 130 metri da piano campagna; si veda l'elaborato IN1A 20 D 69 SG GE0005 008 A) attingano dalla falda profonda e non da quella superficiale posta all'interno dei depositi fluvioglaciali fg^{R3}. Inoltre, data la presenza di numerosi livelli di argille e limi anche a profondità maggiori di 40 m da p.c., che fungono da *aquiclude* per la falda profonda (il primo dei quali è il livello di limi argillosi/argille limose presente nel profilo idrogeologico e appartenente al complesso argilloso-limoso CAL), questa risulta isolata dai livelli di falda superiori e pertanto caratterizzata da bassa vulnerabilità.

Infatti, i livelli argilloso-limosi del Complesso argilloso-limoso (CAL) costituiscono dei limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquiclude* di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa. Come già detto, appartengono a questo complesso i depositi fluvioglaciali limosi (fg^{R3}) e argillosi (fg^{R4}) che costituiscono il limite stratigrafico tra i depositi fluvioglaciali fg^{R3} e fg^{R2}.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

12 SISMICITÀ DELL'AREA DI STUDIO

Sulla base di quanto stabilito dalla vigente normativa in materia di sismicità (NTC 2018), nel presente capitolo saranno analizzate la classificazione sismica e la microzonazione sismica del comune interessato dal progetto in esame.

12.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il comune di Verona, ai sensi della carta di classificazione sismica aggiornata al 30 novembre 2020 con Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e dell'O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519, risulta **classificato in “zona 3”**.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione [a_g], con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi o pianeggianti caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s (ovvero di categoria A ai sensi del D.M. 17/01/2018 - NTC 2018), da attribuire alle 4 zone sismiche, come da tabella di seguito riportata:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g)
1	>0.25	0.35
2	$0.15 \div 0.25$	0.25
3	$0.05 \div 0.15$	0.15
4	<0.05	0.05

Le zone 1, 2 e 3 possono essere a loro volta suddivise in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto a quelli riportati in tabella e intervallati da valori non minori di 0,025 g.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi territorio comunale, veniva precedentemente fornito un valore di accelerazione di picco, e quindi di spettro di risposta elastico, da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009, con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione si deve fare riferimento ad una accelerazione di riferimento “propria”, ovvero individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. In questo modo si ottiene un valore di pericolosità di base definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'azione sismica, secondo la definizione di “pericolosità sismica di base” fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), deve essere valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A) avente superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1; Figura 58).

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A	FOGLIO 96 di 129

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica “probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR”:

- a_g : accelerazione massima su suolo tipo A (allegato B alle NTC);
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (allegato B alle NTC);
- T_{C^*} : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo T_c corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro (Allegato B alle NTC).

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) è pertanto utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regioni, Genio civile, ecc.).

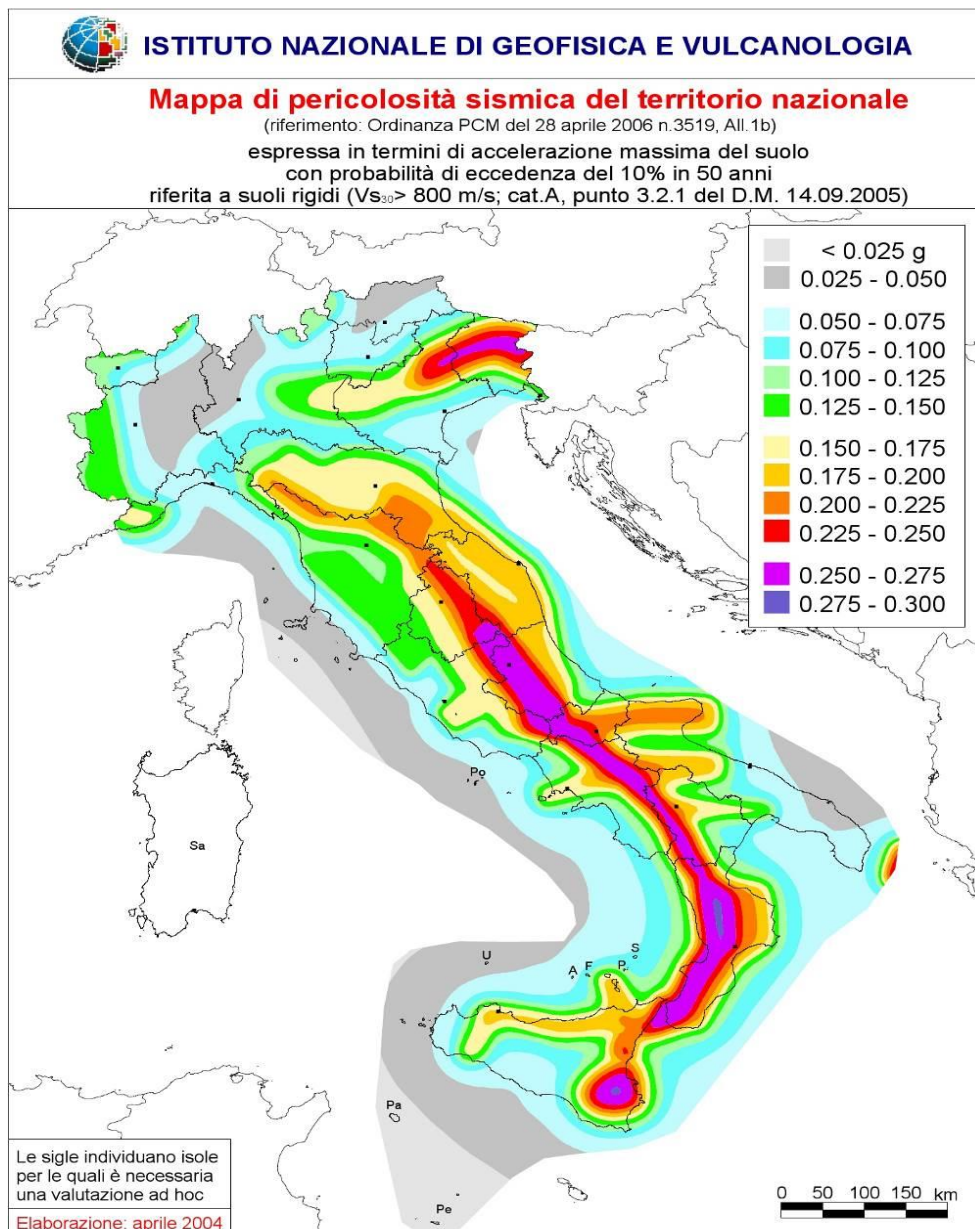


Figura 58. Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

12.2 SISMICITÀ STORICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta in Figura 59 uno stralcio della cartografia del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), con indicazione degli epicentri e delle relative magnitudo dei principali terremoti storici.

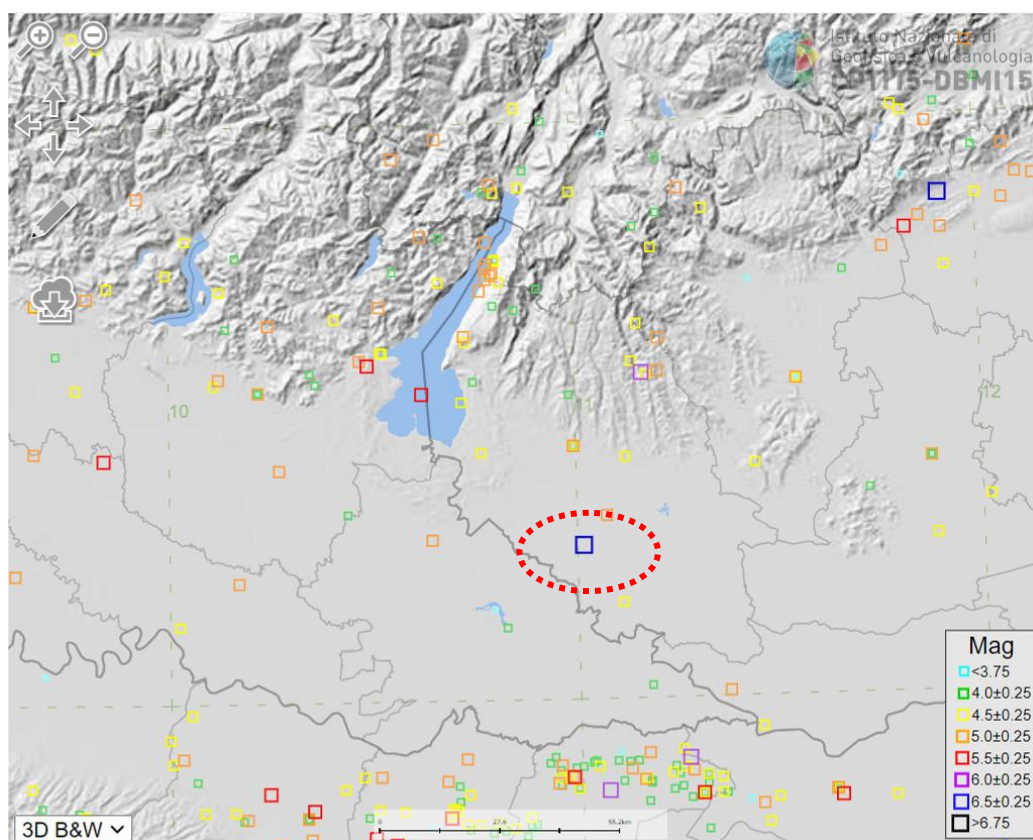


Figura 59. Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici (CPTI15) che hanno interessato la zona di Verona . In colore rosso si riporta l'area oggetto di studio.

In Tabella 35 si riporta un breve riepilogo delle osservazioni macrosismiche dei terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il comune di Verona.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15, il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15[1]. Pertanto, nella successiva tabella si intende:

¹ Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>

Tabella 35. Storia sismica di Verona [45.438, 10.994]. Numero di eventi: 151

Int.: Intensità al sito (scala MCS); **Anno** Tempo origine: anno; **Me** Tempo origine: mese; **Gi** Tempo origine: giorno; **Ho** Tempo origine: ora; **Mi** Tempo origine: minuti; **Se:** Tempo origine: secondi; **NMDP** Numero di Macroseismic Data Point; **Io:** Intensità epicentrale nella scala MCS; **Mw** Magnitudo momento

9	1117 01 03 15 15	Veronese	55	9	6.52	
6-7	1183 12	Verona	1	6-7	4.86	
NC	1276 07 29 18 30	Monferrato	9	5	4.81	
6	1295 09 03	Grigioni, Churwalden	17	8	6.20	
6-7	1334 12 04	Verona	1	6-7	4.86	
5	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63	
5-6	1365 09 21 05 45	Verona	2	5-6	4.40	
6	1402	Verona	1	6	4.63	
5-6	1410 06 10 21	Verona	5			
5-6	1445 03 21 13 30	Verona	1	5-6	4.40	
5-6	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5	5-6	4.40	
F	1487 01 11 15 40	Ferrara	2	4	3.70	
NC	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05	
5	1504 12 31 04	Bolognese	15	6	5.02	
5	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5.62	
4	1505 01 20 23 50	Bolognese	11	5-6	4.76	
6	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32	
3-4	1515 10 25 12 35	Pianura Padana	5			
3-4	1516 05 20 23	Pianura Padana	4			
4	1520 02 18 04 30	Bresciano-Veronese	2			
5	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27	
F	1690 12 04 14	Carinthia, Villach	60	8-9	6.16	
4	1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7	5.23	
6	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.40	
3	1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6	4.94	
3	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65	
5	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10	
F	1774 03 04	Parma	2	5	4.16	
4	1774 03 31 14 49	Bresciano	6	5-6	4.40	
F	1780 02 06 04	Bolognese	9	6-7	5.06	
F	1785 07 19 22 30	Val Lagarina	5	4	3.70	
3	1789 08 04	Prealpi Friulane	5	4-5	3.93	
4	1794 06 07 00 45	Prealpi Friulane	19	8-9	5.96	
4	1794 06 30 04 45	Prealpi Friulane	8	7-8	5.40	
5	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45	

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA IN1A LOTTO 20 CODIFICA D 69 RG DOCUMENTO GE 0001 001 REV A FOGLIO 100 di 129

3	1799 05 29 19	Bresciano	12	6-7	5.04
4	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
3-4	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
5	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8	5.62
F	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
4	1826 06 24 12 15	Garda occidentale	20	5	4.62
3	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
2	1828 10 10 01 30	Oltrepò Pavese	18		
F	1830 01 26 04 30	Alto Reno	11	5	4.53
3	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
3	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
3	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
3	1832 03 12 02 30	Parmense	4		
5	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
2	1832 03 14 04 40	Reggiano	5		
3	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
4	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
4-5	1836 06 12 02 30	Asolano	26	8	5.53
2-3	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
3	1851 02 05 09 50	Valtellina	30	5	4.72
3	1851 08 03	Valli Giudicarie	15	6	4.92
2-3	1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5.72
F	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
F	1859 01 20 07 55	Prealpi Trevigiane	36	6	4.80
3	1860 07 19	Prealpi Trevigiane	10	6-7	4.92
NF	1866 08 11 23	Monte Baldo	33	7	4.96
4	1868 05 22 21 15	Garda settentrionale	11	5	4.40
3	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
3	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
6	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
F	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
F	1876 04 29 10 49	Monte Baldo	25	7	5.07
5-6	1876 05 01 10 50	Verona	2	4-5	3.93
F	1876 05 29 10 45	Monte Baldo	5	6-7	4.86
3	1879 02 14	Garda occidentale	13	5	4.62
3	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22

2	1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5	4.59
3	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	21	6	4.77
5	1882 09 18 19 25	Monte Baldo	7	7	5.08
3	1884 09 12 07 23	Pianura lombarda	34	6	4.70
5	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01
3	1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6	4.96
3-4	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
4	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
3-4	1890 03 26 20 10	Bellunese	48	6	4.82
6	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
F	1891 06 15	Peschiera	35	6	4.69
4-5	1892 01 05	Garda occidentale	93	6-7	4.96
3	1892 06 23 23 20	Dolomiti Friulane	71	5-6	4.58
5	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
4-5	1893 10 27 16 31	Bellunese	54	5	4.42
5	1894 02 09 12 48 0	Valle d'Illasi	116	6	4.74
4-5	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
F	1895 06 10 01 47	Prealpi Trevigiane	73	6	4.85
4-5	1895 10 12 02 45	Monte Baldo	3	5	4.16
4	1895 11 02 07 30	Valle de' Signori	11	5	4.33
2-3	1897 01 27 01 35	Prealpi Vicentine	16	4-5	4.11
3-4	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
4	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
5	1899 11 15 23 40	Pianura Veneta	25	5	4.25
4	1900 03 04 16 55	Asolano	98	6-7	5.05
5	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3	1902 06 19 09 23	Alpi Retiche	184	6-7	4.96
3	1904 03 10 04 23 0	Slovenia nord-occidentale	57		
6	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
3	1908 02 03 13 36 2	Valle d'Illasi	34	5-6	4.32
3	1908 03 15 07 38 3	Valle d'Illasi	28	5-6	4.91
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
2-3	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
2-3	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
3-4	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA IN1A LOTTO 20 CODIFICA D 69 RG DOCUMENTO GE 0001 001 REV A FOGLIO 102 di 129

3	1920 10 06 22 47	Mantovano	19	4-5	4.14	
4-5	1928 03 27 08 32	Carnia	359	9	6.02	
2-3	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67	
4	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05	
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13	
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36	
3-4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20	
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29	
2-3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83	
3	1932 02 19 12 57 1	Garda orientale	21	7-8	5.16	
4	1936 06 21 19 25 2	Garda orientale	13	5	4.15	
4	1936 06 22 03 44 5	Garda orientale	20	5-6	4.46	
5	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06	
3	1940 01 24 23 32 1	Appennino emiliano	6			
4	1948 07 19 18 11 2	Garda settentrionale	16	5	4.87	
3	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17	
4	1961 11 23 01 12 0	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86	
5	1963 03 04 22 30	Veronese	6	5	4.41	
F	1963 07 19 05 46 0	Mar Ligure	412		5.95	
2-3	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16	
4-5	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05	
4-5	1968 06 22 12 21 3	Val Lagarina	27	6-7	4.74	
3	1970 04 19 18 16 3	Garda occidentale	65	5	4.55	
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87	
F	1975 03 24 02 33 3	Carnia	24	5-6	4.51	
5-6	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45	
4	1976 09 11 16 35 0	Friuli	40	7-8	5.60	
3	1976 12 13 05 24	Garda settentrionale	128	7	4.90	
F	1977 04 03 03 18 1	Friuli	25	5	4.51	
5	1977 09 16 23 48 0	Friuli	94	6-7	5.26	
3	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61	
4	1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6	4.78	
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04	
4-5	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85	
NF	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51	
3	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38	
NF	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40	
5	2004 11 24 22 59 3	Garda occidentale	176	7-8	4.99	

4	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79

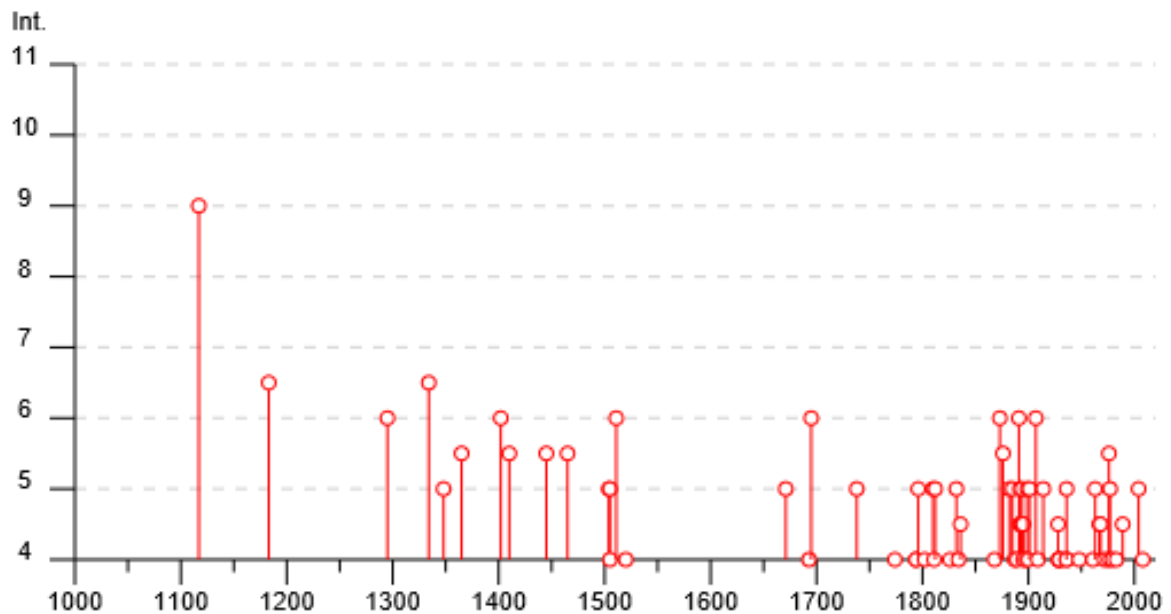


Figura 60. Storia sismica di Verona

12.3 SORGENTI SISMOGENETICHE

Dalla consultazione del DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3.2.1, INGV*) (Figura 61) si nota la presenza di due sorgenti sismogenetiche composite, di una sorgente sismogenetica individuale e di due sorgenti sismogenetiche individuali incerte in prossimità dell'area di studio:

- Sorgente sismogenetica composta ITCS076 - Pianura Adige, a Sud (Figura 62);
- Sorgente sismogenetica individuale ITIS140 - Veronese, a Sud (Figura 63);
- Sorgente sismogenetica composta ITCS114 - Solferino, a NO (Figura 64);
- Sorgente sismogenetica composta ITCS073 – Monte Baldo, a Nord (Figura 65);
- Sorgente sismogenetica individuale incerta ITDS075 – Sant'Ambrogio che attraversa il territorio oggetto di studio (direzione NO- SE) (Figura 66);
- Sorgente sismogenetica individuale incerta ITDS074 – Nogara ubicata a sud ovest (direzione NO- SE) (Figura 67).

Le principali informazioni di riferimento di ciascuna sorgente sono riportate nelle seguenti figure.

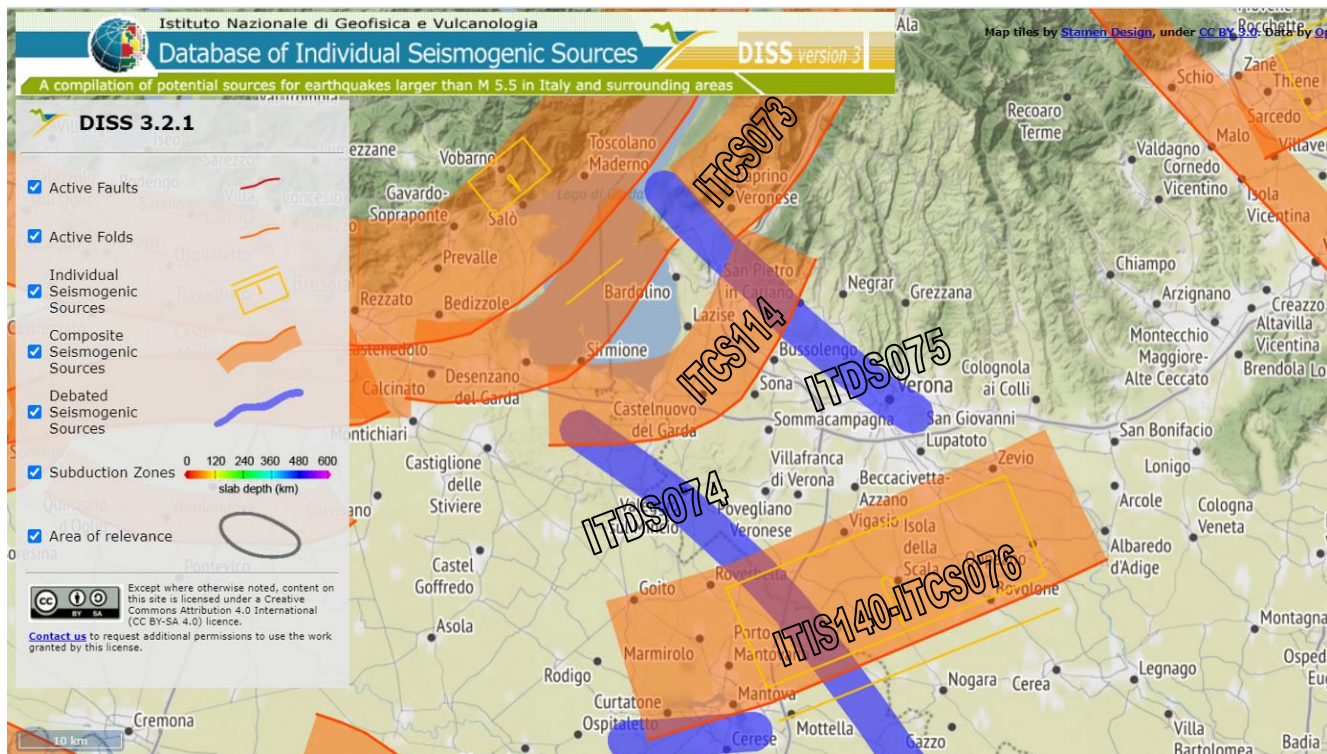


Figura 61. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)”, Version 3.2.1.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources **DISS version 3**


User: Guest | [LOGIN](#) | [HOME](#) | [MAP](#) | [SEARCH](#) | [HELP](#)

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▾ | [PICTURES](#) ▾ | [REFERENCES](#) ▾ | [USER COMMENTS](#) ▾

GENERAL INFORMATION

DISS-ID ITCS076
Name Adige Plain
Compiler(s) Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)
Contributor(s) Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s) 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created 20-Apr-2010
Updated 01-Apr-2015

Display map ... 

Related sources [ITIS140](#)

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	3.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	14.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Strike [deg] min... max	240...260	OD	Based on geological and geomorphological data.
Dip [deg] min... max	30...50	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological and active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS
ACTIVE FOLDS

Figura 62. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITCS076

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources DISS version 3


User: Guest | LOGIN HOME MAP SEARCH HELP

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▼ [PICTURES](#) ▼ [REFERENCES](#) ▼ [USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION

DISS-ID ITIS140
Name Veronese
Compiler(s) Burrato P.(1)
Contributor(s) Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s) 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created 04-Feb-2014
Updated 04-Feb-2014

Display map ... 

Related sources [ITCS076](#)

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Location [Lat/Lon]	45.27 / 10.99	LD	Based on modeling of geological data from Vannoli et al. (2015).
Length [km]	30.0	LD	Based on modeling of drainage anomalies from Vannoli et al. (2015).
Width [km]	14.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	3.0	LD	Based on geophysical profiles from Vannoli et al. (2015).
Max depth [km]	12.0	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	248	LD	Based on geophysical profiles and modeling of geological data.
Dip [deg]	40	LD	Based on modeling of geological data from Vannoli et al. (2015).
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	1.0	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	2000...10000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.7	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI11.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	03 Jan 1117	CPTI11.
Penultimate Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.

ACTIVE FAULTS

Figura 63. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITIS140


Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources **DISS** version 3

User: Guest | [LOGIN](#) [HOME](#) [MAP](#) [SEARCH](#) [HELP](#)

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) [PICTURES](#) [REFERENCES](#) [USER COMMENTS](#)

GENERAL INFORMATION

DISS-ID ITCS114
Name Solferino
Compiler(s) Burrato P.(1)
Contributor(s) Burrato P.(1), D'Ambrogio C.(2), Maesano F.E.(1)
Affiliation(s) 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy
Created 01-Apr-2015
Updated 01-Apr-2015
Display map ... 

Related sources

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	3.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Strike [deg] min... max	215...270	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...45	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Rake [deg] min... max	70...100	EJ	Inferred from geological and active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Assumed from regional seismological data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS




Figura 64. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITCS114


Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources DISS version 3

User: Guest | [LOGIN](#) [HOME](#) [MAP](#) [SEARCH](#) [HELP](#)

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▾ [PICTURES](#) ▾ [REFERENCES](#) ▾ [USER COMMENTS](#) ▾

GENERAL INFORMATION

DISS-ID ITCS073
Name Monte Baldo
Compiler(s) Burrato P.(1)
Contributor(s) Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(1)
Affiliation(s) 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy
Created 19-Apr-2010
Updated 01-Apr-2015
Display map ... 

Related sources

PARAMETRIC INFORMATION


PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	3.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Max depth [km]	9.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Strike [deg] min... max	200...250	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...45	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Rake [deg] min... max	70...100	EJ	Inferred from geological and active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	5.5	OD	Assumed from regional seismological data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Figura 65. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITCS073

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Database of Individual Seismogenic Sources **DISS version 3**


User: Guest | [LOGIN](#) [HOME](#) | [MAP](#) | [SEARCH](#) | [HELP](#)

DEBATED SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▼ [PICTURES](#) ▼ [REFERENCES](#) ▼ [USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION

DISS-ID ITDS075
Name Sant'Ambrogio
Compiler(s) Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)
Contributor(s) Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s) 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

Created 26-Jun-2015
Updated 26-Jun-2015
Display map ... 

COMMENTARY

This seismogenic source was first proposed by Scardia et al. (2014) based on subsurface geophysical data and surface geological evidence.


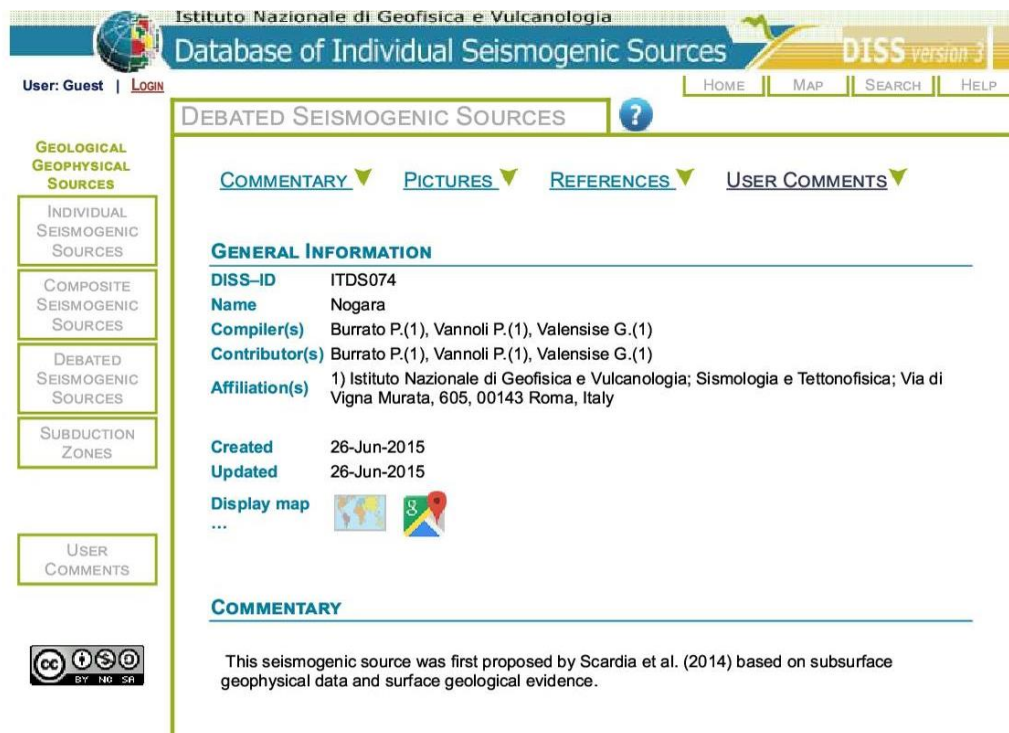


Figura 66. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica incerta ITDS075

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Database of Individual Seismogenic Sources DISS version 3

User: Guest | LOGIN | HOME | MAP | SEARCH | HELP

DEBATED SEISMOGENIC SOURCES

COMMENTARY | PICTURES | REFERENCES | USER COMMENTS

GENERAL INFORMATION

DISS-ID ITDS074
Name Nogara
Compiler(s) Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)
Contributor(s) Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s) 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

Created 26-Jun-2015
Updated 26-Jun-2015
Display map ...

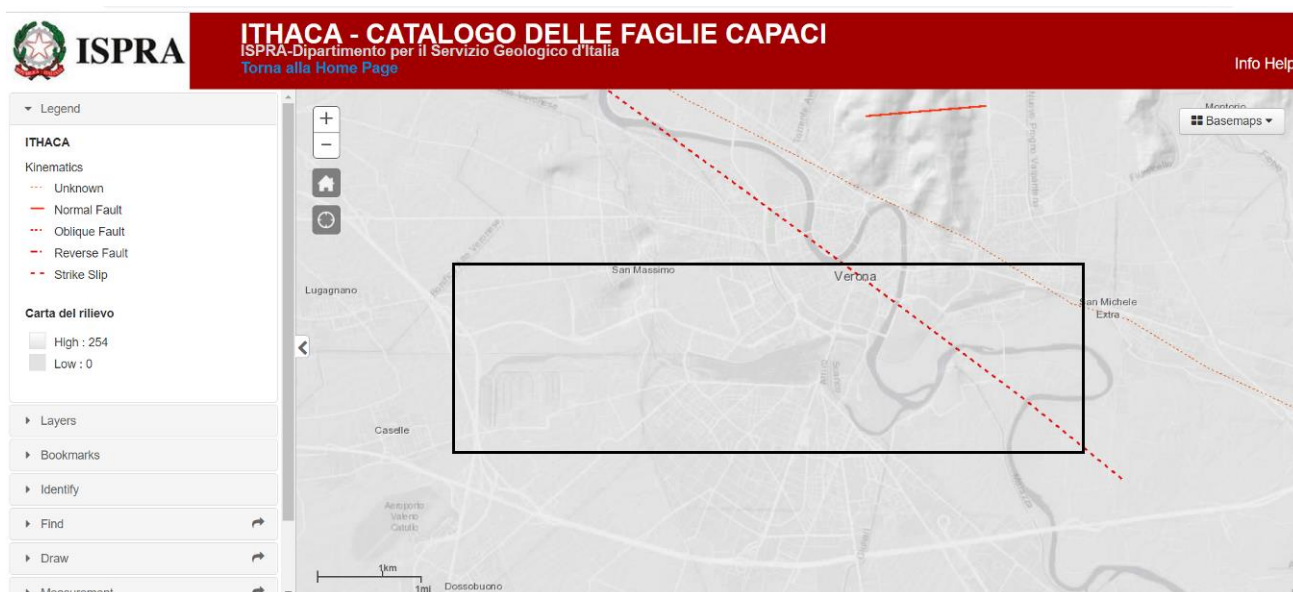
COMMENTARY

This seismogenic source was first proposed by Scardia et al. (2014) based on subsurface geophysical data and surface geological evidence.

Figura 67. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica incerta ITDS074

12.4 FAGLIE CAPACI

In riferimento a quanto contenuto nel catalogo ITHACA (*ITaly HAZard from CApable faults*), l'area di progetto è interessata dalla presenza della faglia capace S. Ambrogio Valpolicella (Figura 68 e Figura 69).



ISPRA ITHACA - CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI
 ISPRA-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia
 Torna alla Home Page | Info Help

Legend

ITHACA

Kinematics

- Unknown
- Normal Fault
- Oblique Fault
- Reverse Fault
- Strike Slip

Carta del rilievo

- High : 254
- Low : 0

Layers

Bookmarks

Identify

Find

Draw

Measurement

Map showing the area around Verona, San Massimo, Lugagnano, Caselle, and Dossobuono. A black rectangle highlights the study area. A red dashed line indicates the S. Ambrogio Valpolicella fault.

Figura 68. Catalogo ITHACA: stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione schematica dell'area oggetto di studio (rettangolo nero) e della faglia capace S. Ambrogio Valpolicella.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Fault description	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	80201
Fault Name	S. Ambrogio Valpolicella
Region Name	Veneto
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY
System Name	S. Ambrogio Valpolicella
Synopsis	
Rank	Secondary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	320
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	NE
Fault Length (km)	39.4
Mapping Scale	1:50000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Strike Slip DX
ACTIVITY	
Surface Evidence	inferred
Last Activity	Pleistocene generic

Figura 69. ITHACA; Parametri descrittivi della faglia capace S. Ambrogio Valpolicella (Scardia, G., Festa, A., Monegato, G., Pini, R., Rogledi, S., Tremolada, F., & Galadini, F. Evidence for late Alpine tectonics in the Lake Garda area (northern Italy) and seismogenic implications. GSA Bulletin, 127(1-2), 113-130.2015

La faglia in questione è stata definita da uno studio che ha portato all'osservazione di sistemi di faglie con direzione W-WNW in prossimità dell'area del Lago di Garda (Scardia et al., 2015). Questo sistema di faglie è caratterizzato da faglie trascorrenti destre ad alto angolo con immersione principalmente verso NE. L'analisi delle strutture deformative osservate nel Conglomerato di Montecio (Pliocene), nei pressi dell'abitato di Sant'Ambrogio di Valpolicella, accompagnata da specifiche analisi micro paleontologiche, ha permesso di datare tale attività tettonica al Galesiano (Pleistocene inferiore). Sulla base dello studio è, inoltre, stata stimata una lunghezza della Faglia di S. Ambrogio di almeno 30 km.

È importante sottolineare che le evidenze dirette di deformazioni legate all'attività tettonica sono segnalate esclusivamente in prossimità dell'abitato di Sant'Ambrogio di Valpolicella, ad una distanza dall'area oggetto della progettazione variabile da 14 a 17 km, e che nella restante porzione di territorio il suo andamento è stato dedotto, soprattutto nel tratto terminale di Verona. Non vengono inoltre riportate osservazioni dirette o indicatori di attività recente legata a questo elemento tettonico.

Allo scopo di verificarne l'eventuale presenza, nell'ambito del presente progetto definitivo, sono state eseguite n. 2 tomografie elettriche e n. 2 stese di sismica tomografica a rifrazione, come da planimetria in Figura 70, localizzate in prossimità del tracciato ferroviario nei punti presunti di passaggio della faglia.



Figura 70. Localizzazione delle tomografie elettriche e delle stese di sismica tomografica a rifrazione (Campagna indagini ITAFERR 2021)

Le indagini eseguite, tuttavia, non mostrano alcuna evidenza della presenza di faglie all'interno dei depositi fluvio-glaciali e alluvionali recenti. Infatti, come da tomografie riportate in Figura 71, la successione sedimentaria risulta perfettamente orizzontale e indisturbata, con assenza di anomalie che possano suggerire la presenza di discontinuità tettoniche. Per i risultati delle indagini citate, si veda l'elaborato IN1A20D69IGGE0005001A "Report tecnico indagini geofisiche - Prove: sismica a rifrazione, Elettrica, Down-Hole, MASW, HVSR". Inoltre, un'ulteriore conferma è data dall'interpretazione e elaborazione del profilo geologico in cui si può notare come il livello argilloso, che si intercetta nei sondaggi, si segue per diversi chilometri alla stessa profondità dal piano campagna da Porta Nuova fino a Porta Vescovo.

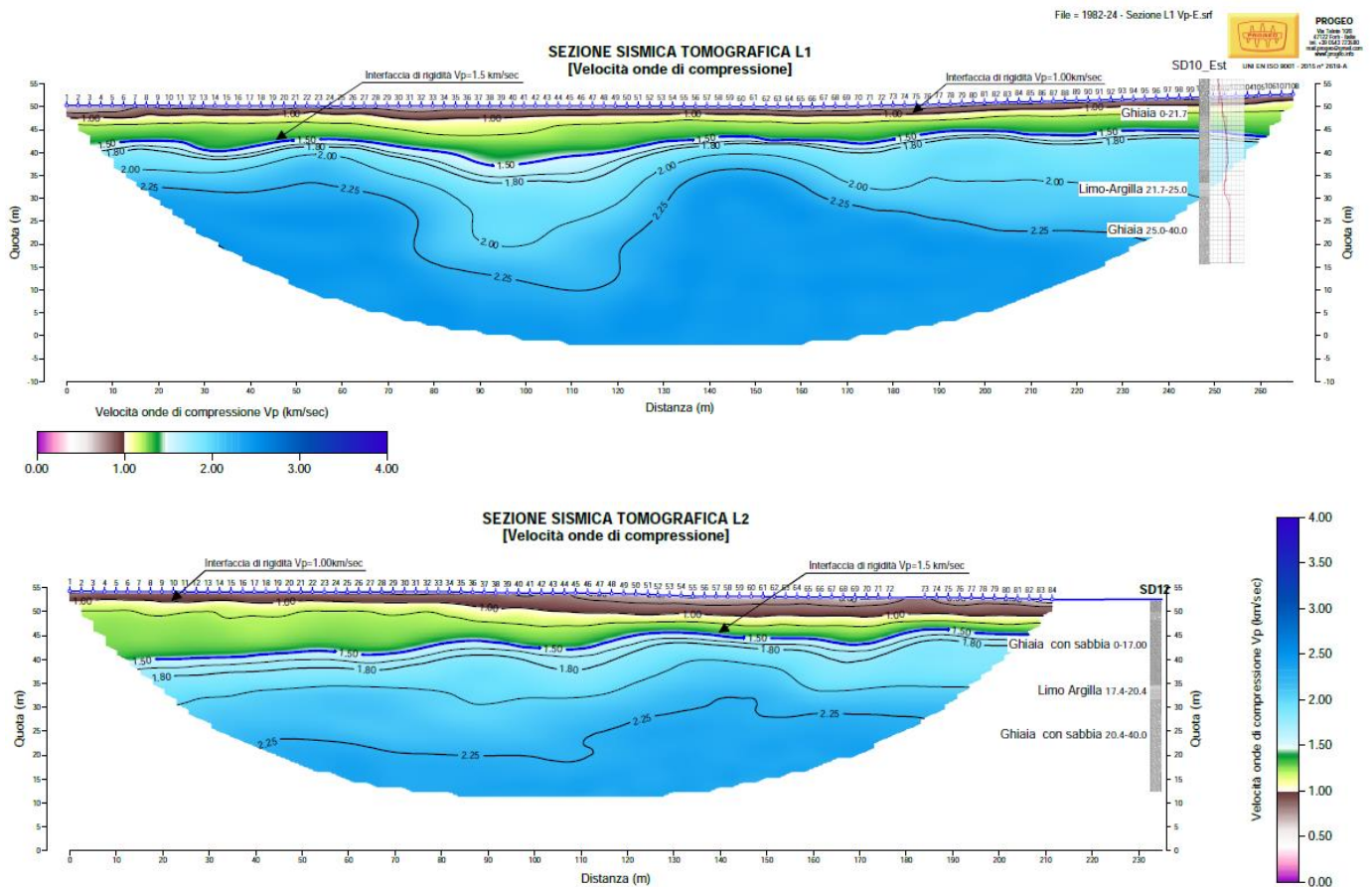



Figura 71. Sezioni sismiche tomografiche L1 e L2

Ad ogni modo, una ulteriore conferma della ricostruzione geologica di sottosuolo dell'area in esame è stata fornita anche dalla ricostruzione litostratigrafica: considerando come livello guida la lente di peliti dell'unità fg^{R34} , non si notano dislocazioni o dislivelli tali da far presumere l'esistenza di discontinuità tettoniche; il livello in questione risulta infatti continuo per diversi chilometri.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

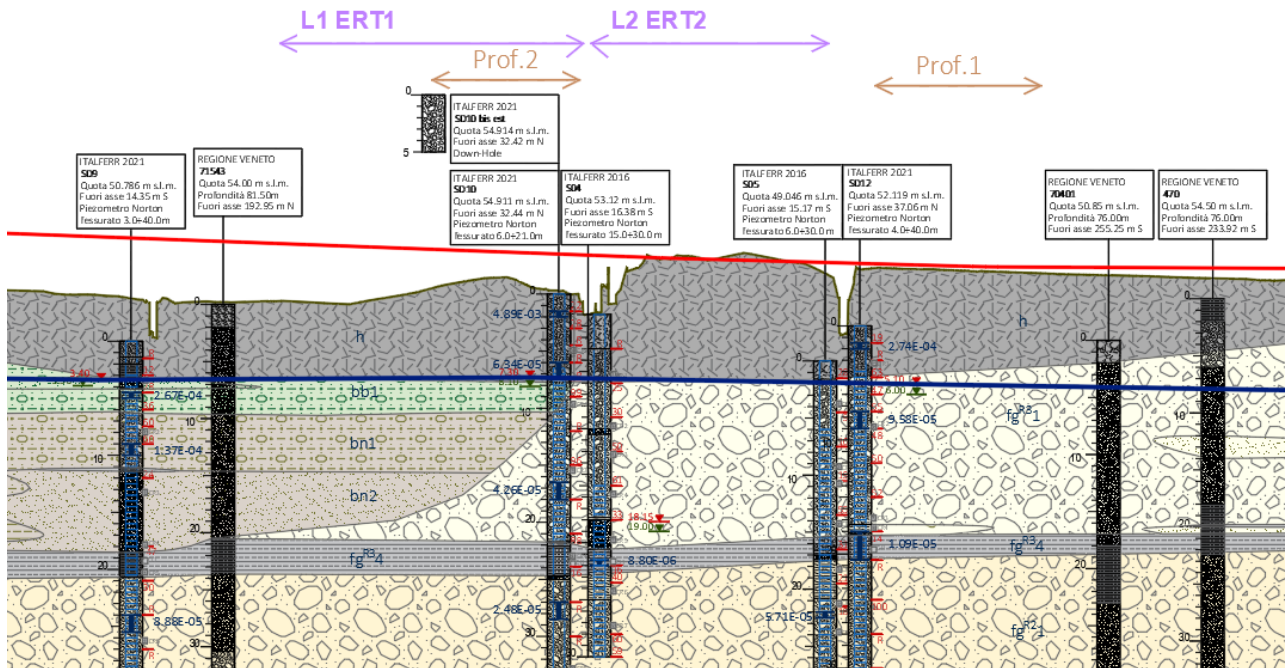


Figura 72. Stralcio sezione geologica IN1A20D69N6GE0001004A, in viola vengono riportati gli stendimenti eseguiti nel 2021

Infine, nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) del Comune di Verona, tale lineamento non viene riportato, ma sono presenti solamente il lineamento “Adige Line” e un’altra faglia, definite attive e capaci (nella carta delle MOPS sono presenti anche le rispettive fasce di attenzione). Per quanto riguarda il lineamento “Adige Line” e la sua area di attenzione, si nota come tali elementi non intercettino il tracciato ferroviario di progetto (Figura 77).

12.5 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Gli studi sulla pericolosità sismica condotti dall’INGV hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004). Secondo questa zonazione il territorio nazionale è stato diviso in 36 zone-sorgente, individuate mediante l’osservazione delle caratteristiche della sismicità storica/attuale (massima magnitudo, frequenza degli eventi in catalogo, distribuzione nelle classi di magnitudo) e dallo studio delle geometrie delle sorgenti sismotettoniche. Ciascuna area sorgente è divisa dalle adiacenti da limiti di colore diverso: il nero separa aree con differenti caratteristiche tettoniche o geologico strutturali, il blu separa invece zone con stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche di sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, etc.). A ciascuna delle 36 zone è associata una legge di ricorrenza della magnitudo espressa in termini di magnitudo momento M_w (Figura 73 e Figura 74).

L’area ferroviaria in esame ricade totalmente in corrispondenza della zona sismogenetica 906 Garda-Veronese, che include terremoti di media magnitudo legati alle spinte della cintura sub-alpina dal Veneto centrale al Lago di Garda. Questa zona include terremoti originati nella Pianura Padana i cui dati sono scarsi e di affidabilità incerta, come ad esempio l’evento del Veronese del 1117 di $M_w \sim 6.5$ e del Bresciano del 1222, $M_w \sim 6.$, il quale ha interessato una porzione della provincia di Brescia in cui è presente un sistema di faglie

inverse. In questa zona le zone epicentrali sono localizzate a profondità comprese tra 5 e 8 km; sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di magnitudo massima pari a $M_{wmax} = 6.60$ (Figura 74).

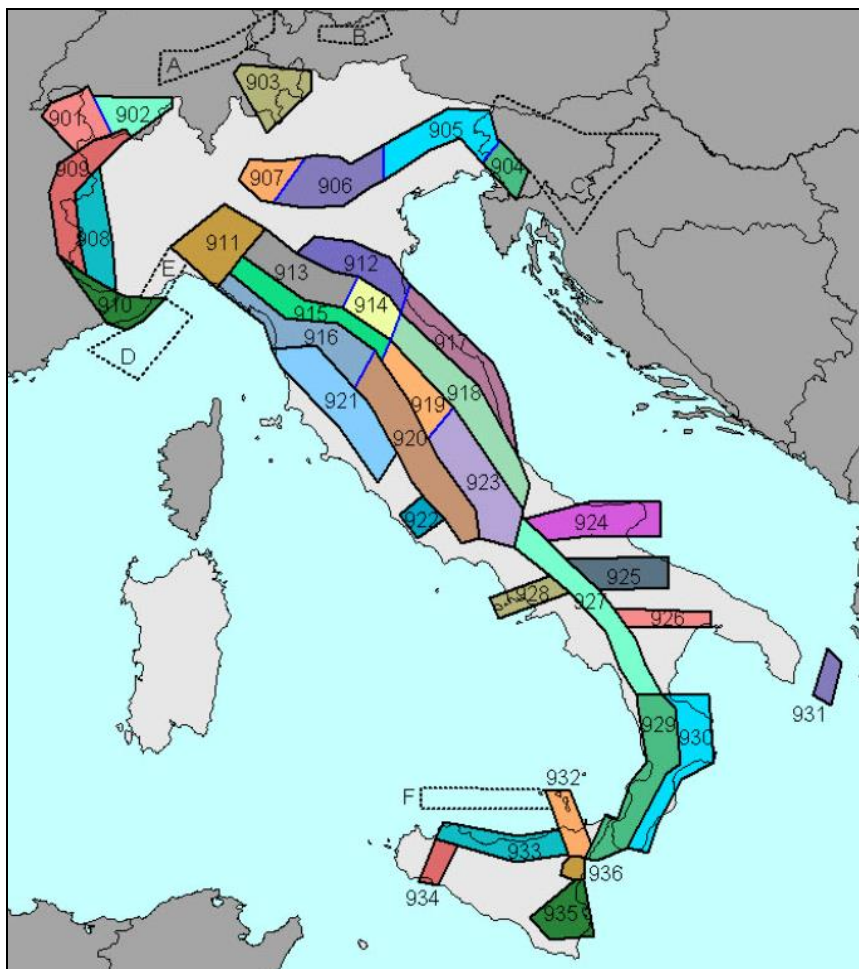


Figura 73. Zone sismogenetiche ZS9 del nord Italia (Meletti e Valensise, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio- Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 74. Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche ZS9

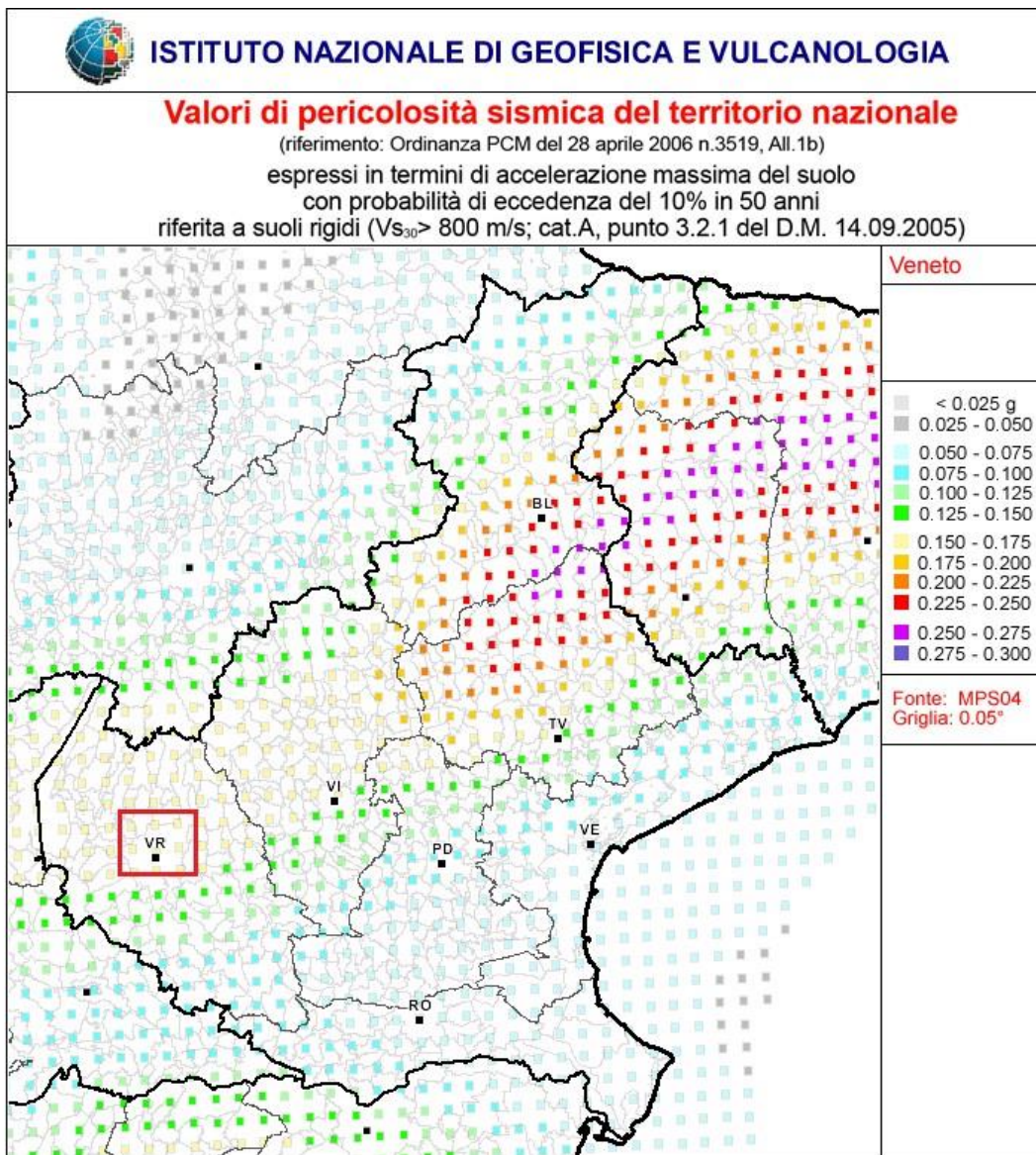


Figura 75. Valori di pericolosità sismica del territorio regionale (particolare della regione Veneto). Nel riquadro rosso è evidenziata l'area di studio. Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

12.6 PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'input sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame (Figura 76).

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

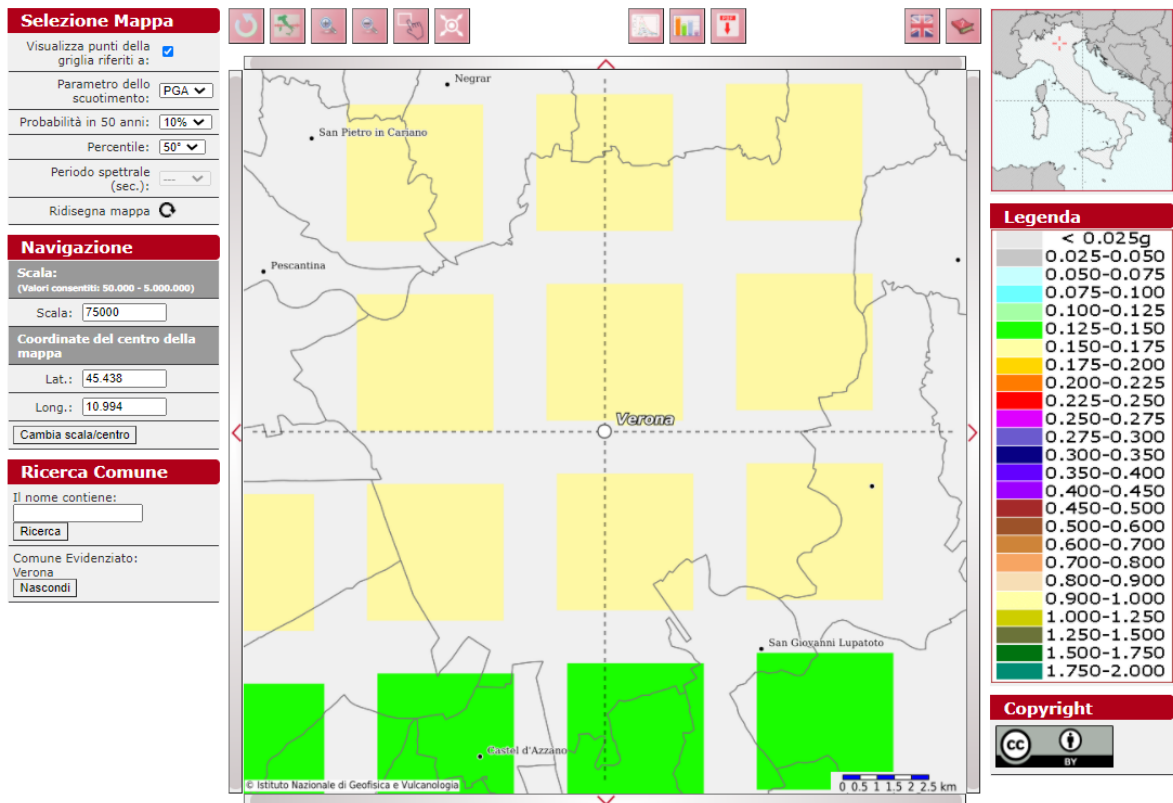


Figura 76. Valori di pericolosità sismica dell'area di Verona. Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_R pari a 475 anni. Per i valori di a_g , F_0 e T_{c^*} , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B del Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 paragrafo 3.2).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica “probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR”:

- a_g : accelerazione massima su suolo tipo A;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_{c^*} : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo TC corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro. La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

I parametri forniti possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

In Tabella 36 vengono forniti, per il Comune di Verona, per periodi di ritorno T_R 475 anni i valori dei parametri a_g , F_0 e T_{c^*} da utilizzare per definire l'azione sismica.

Tabella 36. Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_R pari a 475 anni

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]
475	0.157	2.431	0.276

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

12.7 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

L'azione sismica, secondo la normativa vigente (D.M. 17/01/2018) viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A) avente superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), sulla base della definizione di "pericolosità sismica di base" fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

12.7.1 Categoria di sottosuolo

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di suolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse. La determinazione della classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s).

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m dall'espressione riportata di seguito e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per la determinazione della categoria di sottosuolo sono stati utilizzati i dati derivanti dalle indagini geofisiche eseguite in foro e in superficie (prove Down-Hole e prove MASW/Re.Mi.) da ITALFERR tra il 2014 e il 2021, come riportato in Tabella 37.

Tabella 37. Sintesi dei risultati delle campagne indagini geofisiche eseguite da ITALFERR. Si riportano i valori di V_{seq} (m/s) e relativa categoria di sottosuolo con indicazioni delle pk di esecuzione delle prove

Sigla Prova	Tipologia di prova	Anno di esecuzione	V_{seq} (m/sec)	Categoria suolo	pk
M3/R3	MASW	2021	561	B	Scalo Cason
M4/R4	MASW	2021	452	B	Scalo Cason
M5/R5	MASW	2021	476	B	Scalo Cason
DH-S16	Down-Hole	2021	498	B	Scalo Cason
M8/R8	MASW	2021	538	B	Scalo Cason
M6/R6	MASW	2021	492	B	154+150
DHL281R01	Down-Hole	2014	670	B	154+355
MASW 1 + HVSr 219	MASW	2021	454	B	154+700
DH-S21	Down-Hole	2021	520	B	154+725
SD2	Down-Hole	2021	443	B	155+250
MASW 3 + HVSr 218	MASW	2021	453	B	<i>Fuori asse</i>
SD15	Down-Hole	2021	427	B	155+900
M7/R7	MASW	2021	333	C	156+150
MASW 8 + HVSr 217	MASW	2021	444	B	156+950
MASW 2 + HVSr 216	MASW	2021	405	B	157+690
S3_DH	Down-Hole	2016	302	C	157+777
MASW 9S3 + HVSr 162	MASW	2021	356	C	157+790

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Sigla Prova	Tipologia di prova	Anno di esecuzione	V _{Seq} (m/sec)	Categoria suolo	pk
DH VR1	Down-Hole	2020	441	B	157+990
MASW 4 + HVSr 212	MASW	2021	350	C	158+525
MASW 5	MASW	2021	335	C	158+860
L1	Tomografia sismica	2021	375*	B	159+050*
SD10	Down-Hole	2021	368	B	159+200
L2	Tomografia sismica	2021	423*	B	159+310*
MASW 6 + HVSr 213	MASW	2021	358	C	159+450
MASW 7 + HVSr 214	MASW	2021	383	B	159+920
SD13	Down-Hole	2021	366	B	160+630

*punto centrale della tomografia elettrica

L'analisi dell'assetto stratigrafico e dei valori di V_{seq} disponibili dalle prove sismiche M.A.S.W. e Down-Hole (Tabella 37) ha permesso di suddividere il tracciato come segue:

- Area “Quadrante Europa” e “Scalo Cason”: la categoria di sottosuolo è “B”, ovvero “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (V_{s,eq}) compresi tra 360 m/s e 800 m/s*”;
- dalla pk 154+046 alla 157+750: la categoria di sottosuolo è “B”, ovvero “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (V_{s,eq}) compresi tra 360 m/s e 800 m/s*”;
- dalla pk 157+750 alla 158+910: la categoria di sottosuolo è “C”, ovvero “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (V_{s,eq}) compresi tra 180 m/s e 360 m/s*”;
- dalla pk 158+910 alla 161+100: la categoria di sottosuolo è “B”, ovvero “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (V_{s,eq}) compresi tra 360 m/s e 800 m/s*”.

Per i certificati delle indagini geofisiche ITALFERR 2021 si rimanda al report IN1A20D69IGGE0005001A “Report tecnico indagini geofisiche: prove Simica Rifrazione, Elettrica, DOWN HOLE, M.A.S.W./Re.Mi. e H.V.S.R.” eseguite nell'anno 2021, per le risultanze degli anni precedenti si demanda al report IN1A20D69IGGE0005002A “Report indagini campagna geofisica PD Verona Ovest” e IN1A20D69IGGE0005003A “Report indagini campagne geofisiche pregresse”.

12.7.2 Condizioni topografiche

L'area di progetto è localizzata in un settore di pianura, caratterizzato da morfologia sub-pianeggiante privo di particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale: la morfologia dell'area può pertanto essere ricondotta a una delle configurazioni superficiali semplici previste dal D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III (§ 3.2.2).

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

In particolare, l'area in oggetto può essere classificata in categoria T1, avente un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$ (Tabella 3.2.V).

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

12.8 ANALISI PRELIMINARE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga, 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie e i limi, con contenuto in materiale coesivo ridotto. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC 2018) prevede che la verifica alla liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e qc_{1N} è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

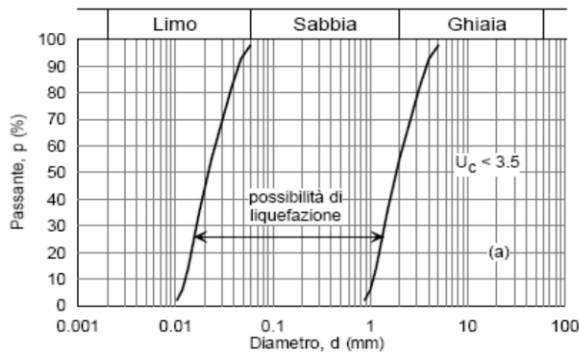


Fig. 7.11.1(a) - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

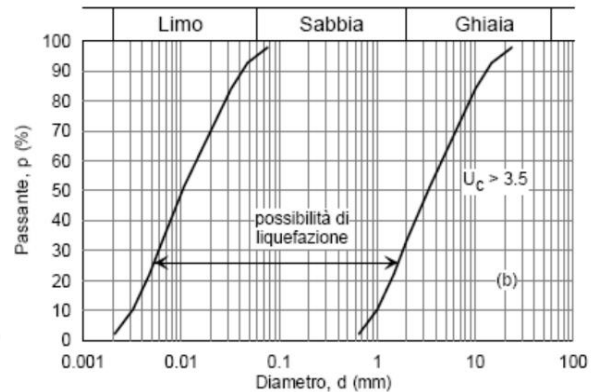


Fig. 7.11.1(b) - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nell'area in oggetto, sulla base dei dati ad oggi disponibili e dei criteri di esclusione sopra riportati (previsti dalla normativa vigente), data una profondità della falda maggiore di 15 m da piano campagna, qualora vengano adottate fondazioni superficiali per le strutture in progetto, la verifica di liquefazione potrebbe essere omessa.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

12.9 MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 1)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) deriva dall'analisi degli elementi ritenuti necessari per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico. Tali elementi dovranno essere tenuti in considerazione nelle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica, al momento della realizzazione delle strutture. A tal fine, oltre all'acquisizione delle informazioni esistenti finalizzate alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, vengono valutati gli elementi utili per una ricostruzione e successiva rappresentazione, del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte che di spessori delle litologie presenti. Lo scopo di tale elaborato è quello di suddividere l'area investigata in aree omogenee (microzone) ove è possibile prevedere l'occorrenza di diversi effetti superficiali indotti dall'azione sismica.

Di seguito è riportata un'immagine in cui sono rappresentate le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica del Comune di Verona.

Dall'osservazione della carta delle M.O.P.S. (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) del comune di Verona (Figura 77), emerge che parte del sito in esame è inserito nelle Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Locale: "Zona 2005", ovvero caratterizzata da depositi fluvio-glaciali dell'antico conoide dell'Adige con spessori superiori di 100 m. In aggiunta, come si può notare dal profilo geologico di dettaglio del tracciato i livelli sabbiosi e limosi si riscontrano a profondità maggiori di 20 m.



2005

Zona 5: Formazione dei depositi fluvio-glaciali dell'antico conoide depositato dall'Adige costituita da materiali ghiaiosi e sabbiosi alternati a livelli sabbiosi e limosi con spessori anche superiori a 100m. Presenza di numerose cave. Possibili fenomeni di amplificazione litostratigrafica per contrasto di impedenza e morfologica per la presenza di orli di scarpata e di terrazzi fluviali.



Aree interessate dalle indagini di microzonazione sismica (centri storici, urbanizzazione consolidata e città della trasformazione)

Figura 77. Carta delle M.O.P.S. del Comune di Verona e relativa legenda. In tratteggio nero l'area di progetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

13 SINTESI E CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto con lo scopo di fornire il quadro dei caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici nell'ambito della progettazione della linea AV/AC Milano-Venezia, tratta AV/AC Brescia Est – Verona, Nodo AV/AC di Verona Ingresso Est.

L'area oggetto di studio è localizzata in corrispondenza del limite settentrionale della Pianura Veneta, nel settore meridionale della città di Verona, all'interno del comune amministrativo di Verona. Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa in affiancamento alla linea esistente, per circa 7 km in direzione est e attraversa la stazione di Verona Porta Nuova fino alla stazione di Verona Porta Vescovo. Di interesse per il presente studio è anche l'area dello Scalo Cason, che si sviluppa, per circa 2,5 km in direzione ovest a partire dal Bivio San Massimo e Santa Lucia della linea ferroviaria Verona-Brennero.

Dal punto di vista morfologico, il tracciato attraversa un territorio caratterizzato da morfologie regolari, sub-pianeggiante debolmente degradante verso est. Le quote topografiche variano da circa 82 m s.l.m. nella porzione ovest dell'area di progetto, a circa 52 m s.l.m. nella porzione est. Il principale elemento idrografico è il fiume Adige che interseca il tracciato di progetto con andamento circa N-S.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico regionale, l'intervento ricade nell'Alta Pianura Veronese, costituita da un dolce rilievo tabulare solcato dal fiume Adige, caratterizzato dalla presenza di depositi fluviali e fluvioglaciali antichi e recenti, prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi con intercalate, subordinatamente, sabbie e rari livelli limosi e argillosi disposti in ampie conoidi che, complessivamente, sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi sviluppatasi negli ultimi 150.000 anni circa (fasi finali del Pleistocene-Attuale).

Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa all'interno del grande conoide dell'Adige, sovrainciso e terrazzato per l'azione erosiva degli alvei würmiani e attuali del fiume. Per la definizione dell'assetto geologico di sottosuolo sono state raccolte e analizzate le indagini geognostiche disponibili già realizzate nell'area interessata dagli interventi in progetto, sia da ITALFERR sia da enti esterni alla società.

La campagna indagini 2020/2021 eseguita ai fini del presente Progetto Definitivo ha previsto:

- n. 17 sondaggi geognostici a carotaggio continuo e distruzione di nucleo, attrezzati con tubo PVC per prova Down-Hole in foro o con piezometro di tipo Norton. I sondaggi hanno raggiunto una profondità massima di 40 metri da piano campagna, con esecuzione di prove in foro tipo S.P.T., prove di permeabilità e prelievo di campioni. Per i certificati delle prove si rimanda all'elaborato IN1A20D69SGGE0005001A "Report tecnico: stratigrafie e prove in sito";
- n. 9 acquisizioni sismiche di tipo MASW, finalizzate alla determinazione dei parametri V_{seq} e alla definizione delle categorie sismiche dei suoli di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018. Le misure sismiche attive relative alle onde di superficie sono state elaborate congiuntamente con le rispettive prove HVSR;
- n. 12 prove sismiche passive di tipo HVSR, finalizzate alla definizione delle frequenze di risonanza di sito nonché alla verifica congiunta degli eventuali contrasti di impedenza sismica osservati nelle rispettive prove di tipo M.A.S.W., per la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico in termini di velocità V_s . Le prove sono state eseguite in corrispondenza del centro degli array MASW e in corrispondenza delle 4 prove Down-Hole;

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

- n. 4 prove sismiche di tipo Down-Hole in foro di sondaggio, finalizzate alla definizione dei profili di velocità V_p , V_s e alla determinazione dei parametri V_{seq} ai sensi delle N.T.C. 2018. Le prove Down Hole sono state eseguite con energizzazioni ad ogni metro di profondità polarizzate sia in onde di compressione (P) che di taglio (S);
- n. 2 stese di sismica tomografica a rifrazione;
- n. 2 tomografie elettriche.

L'area di progetto si inserisce in un contesto fortemente urbanizzato, in cui le evidenze morfologiche naturali sono state in parte o completamente obliterate dalle attività antropiche. In particolare, il tracciato di progetto è posto in affiancamento alla linea esistente in cui non si evidenziano forme, processi e depositi particolarmente significativi che possano costituire elemento di criticità.

Dal punto di vista geolitologico, il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa all'aperto, interamente su depositi sciolti di natura grossolana, ghiaioso-sabbiosa con intercalazioni di materiali più fini. La successione geologica di sottosuolo è abbastanza omogenea lungo tutto il tracciato in esame ed è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali pleistocenici fg^{R2} e fg^{R3} , al di sopra dei quali poggiano i depositi alluvionali recenti (bb1) e terrazzati (bn1). Il passaggio tra le alluvioni fg^{R3} e fg^{R2} è marcato da un livello di limi argillosi/argille limose di colore grigio/nerastro con spessore mediamente pari a 5 m. I primi metri della successione (variabili da un minimo di 3 m ad un massimo di circa 10 m, in prossimità della stazione di Verona Porta Nuova) sono invece costituiti da materiale di riporto antropico.

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologici e idrogeologici acquisiti durante le attività di perforazione e sulle informazioni idrogeologiche disponibili da letteratura. Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con i dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni installate nei fori di sondaggio e dalle prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Sono state inoltre utilizzati i dati piezometrici e le informazioni idrogeologiche provenienti da studi di letteratura.

Dal rilevamento piezometrico effettuato da marzo 2021, è emerso che i dati ottenuti sono sostanzialmente in accordo con le misurazioni disponibili per gli anni pregressi e con la cartografia idrogeologica disponibile; la falda freatica si colloca alla quota di circa 50 m s.l.m. e il livello risulta sostanzialmente inalterato per tutto lo sviluppo dell'opera in oggetto. In riferimento al piano campagna, la falda soggiace a circa 30 m di profondità nell'area dello Scalo Cason, raggiungendo profondità progressivamente minori con l'aumento della prossimità all'alveo del fiume Adige, in corrispondenza del quale la falda è posta a circa 10 m da p.c.

La direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNW-SSE quindi subparallela alla direzione di deflusso del fiume Adige; i gradienti piezometrici sono in media piuttosto bassi, anche se localmente possono risultare più marcati in corrispondenza di evidenti variazioni granulometriche dei terreni costituenti l'acquifero.

Le potenziali interferenze tra il tracciato di progetto e le fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile (*dataset* Acque Veronesi) sono state valutate con metodo geometrico, assumendo un'area di influenza avente raggio pari a 200 m dal singolo pozzo (D.lgs. 152/2006). Il tracciato di progetto ricade all'interno della fascia di rispetto di 200 m del campo pozzi Basso Acquar e ne costituisce pertanto un potenziale elemento di interferenza. Tuttavia, si ritiene che la falda di attingimento dei pozzi non sia quella superficiale, localizzata all'interno dei depositi fluvioglaciali fg^{R3} poiché i pozzi hanno una profondità che raggiunge i 130 m da p.c.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Inoltre, data la presenza di livelli a bassa permeabilità (depositi fluvioglaciali limosi fg^{R33} e argillosi fg^{R44}) a partire da 40 m circa da p.c. che isolano i livelli di falda più profondi, verosimilmente la falda di attingimento del campo pozzi Basso Acquar non dovrebbe risentire dell'interferenza prodotta dalla vicinanza al tracciato ferroviario.

Il comune di Verona, ai sensi della carta di classificazione sismica aggiornata al 30 novembre 2020 con Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e dell'O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519, risulta classificato in **“zona 3”**.

L'area ferroviaria in esame ricade totalmente in corrispondenza della zona sismogenetica 906 Garda-Veronese, che include terremoti di media magnitudo legati alle spinte della cintura sub-alpina dal Veneto centrale al Lago di Garda. Questa zona include terremoti originati nella Pianura Padana i cui dati sono scarsi e di affidabilità incerta. In quest'area le zone epicentrali sono localizzate a profondità comprese tra 5 e 8 km; sulla base dei meccanismi focali, i valori di magnitudo massima attesi sono pari a Mwmax= 6.60.

Ai sensi del D.M. 17.01.2018, sulla base dei risultati derivanti dalle indagini eseguite nell'area, è possibile classificare i terreni in sito come suoli di tipo “B”, ovvero *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (Vs,eq) compresi tra 360 m/s e 360 m/s”* e di tipo “C”, ovvero *“Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (VS,eq) compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

In riferimento alla categoria topografica, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1 *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica ST = 1,0.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

14 BIBLIOGRAFIA

- Antonelli D. E. 2016. *La valle dell'Adige: genesi e modificazione di una grande valle alpina come interazione tra dinamiche naturali e fattori antropici*. Memorie della Accademia Roveretana degli Agiati. Atti del Convegno Rovereto, 21-22 febbraio 2013
- Antonelli R., Campagnoni A., Marcolongo B., Surian N., Zambrano R., 1994. *Una ricerca integrata tra l'alta pianura veronese e l'anfiteatro morenico del Garda per il riconoscimento di risorse idriche alternative e della loro vulnerabilità. Primi risultati e prospettive di sviluppo*. Quaderni Geologia Applicata, 2, pp. 57-76.
- ARPAV, 2010. *Mappa unità deposizionali*. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto.
- Bosellini A., Carraro F., Corsi M., De Vecchi G.P., Gatto G.O., Malaroda R., Sturani C., Ungaro S., Zanettin B., 1967. *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 49, "Verona"*. Serv. Geol. It., Roma.
- Boscolo C., Mion F., 2008. *Le acque sotterranee della pianura veneta. I risultati del Progetto SAMPAS*. Agenzia regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV).
- Carraro F., Malaroda R., Piccoli G., Sturani C., Venzo S., 1969. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 48, "Peschiera del Garda"*. Serv. Geol. It., Roma.
- Carton A. & Castaldini D. 1985. *Approfondimenti di morfotettonica tra il Lago di Garda ed il Torrente Alpone (Provincia di Verona)*. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Veona, 12, pp 461-491.
- Castellaccio E., Agostini L., Collareda M., Dal Degan D., Galadini F., Micheletti L., Monegato G., Rogledi S., G. Scardia, R. Zorzin, 2011. *Acque calde e geotermia della Provincia di Verona: Aspetti geologici e applicazioni*. A cura di E. Castellaccio e R. Zorzin Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona; 3^a Serie, SEZIONE SCIENZE DELLA TERRA 8
- Dal Prà A., De Rossi P., 1989. *Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige, rilievi del settembre 1986. Scala 1:30.000*. Università di Padova - Dipartimento di Geologia.
- Fontana A., Mozzi P., Marchetti M., 2014. *Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps*. Sedimentary Geology 301, 150-171.
- ISPRA, 2007. *Guida alla rappresentazione cartografica della Carta geomorfologica d'Italia, 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 10: pp. 48, Roma.
- ISPRA, 2009. *Guida alla rappresentazione cartografica della Carta geologica d'Italia, 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 12: pp. 126, Roma.
- Meletti, C., Valensise G., Azzaro R., Basili R., Barba S., Galadini F., Gasperini P., Stucchi M., Vannucci G., 2004. *Zonazione sismogenetica ZS9. App. 2 al Rapporto Conclusivo sulla redazione della Mappa di Pericolosità Sismica*, pp. 38, (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).
- Panizza M., Slejko D., Bartolomei G., Carton A., Castaldini D., Demartin M., Nicolich R., Sauro U., Semenza E., Sorbini L., 1981. *Modello Sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa*. Rend. Soc. Geol. It., 3, 587-603.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV A

Piano Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico Bacino dell'Adige, Regione Veneto, presa d'atto del Comitato Istituzionale Permanente con delibera n. 5/2018 del 27 dicembre 2018 del parere favorevole del decreto segretariale n.100 del 7 dicembre 2018 (avviso di presa d'atto del progetto di variante e adozione delle misure di salvaguardia, per estratto, nella Gazz. Uff. n. 124 del 29/05/2019) (<http://www.bacino-adige.it/>)

Picotti, V., Prosser, G., and Castellarin, A., 1995. *Structures and kinematics of the Giudicarie–Val Trompia fold and thrust belt (central Southern Alps, northern Italy)*. *Memorie di Scienze Geologiche*, v. 47, p. 95–109.

Regione Veneto, Direzione Geologia e Georisorse - Venezia (VE). Indagini geognostiche.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2020. *The Italian earthquake catalogue CPTI15*. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>

Scardia, G., Festa, A., Monegato, G., Pini, R., Rogledi, S., Tremolada, F., Galadini, F., 2015. *Evidence for late Alpine tectonics in the Lake Garda area (northern Italy) and seismogenic implications*. *GSA Bulletin*, 127(1-2), 113-130.

Servizio Geologico d'Italia, 1967. *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 foglio 49 "Verona"*. Serv. Geol. It., Roma.

Servizio Geologico d'Italia, 1969. *Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000 foglio 48 "Peschiera del Garda"*. Serv. Geol. It., Roma.

Sorbini L., Accorsi C. A., Bandini Mazzanti M., Forlani L., Gandddini F., Meneghel M., Rigoni A., Sommaruga M. 1984. *Geologia e geomorfologia di una porzione della pianura a sud-est di Verona*. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona; Sezione B, 2, SEZIONE SCIENZE DELLA TERRA*.

Servizio Geologico d'Italia, 1992. *Guida al rilevamento della Carta geologica d'Italia 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 1: pp. 203, Roma.

Servizio Geologico d'Italia, 1994. *Guida al rilevamento della Carta geomorfologica d'Italia, 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 4: pp. 42, Roma.

Toscano A., 2017. *Studio di Microzonazione Sismica di Livello I del Comune di Verona. Relazione illustrativa e cartografie tematiche* (Carta Indagini, Carta Geologico Tecnica, Carta MOPS). Regione Veneto, DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE n. 1664 del 21 ottobre 2016.

Valensise G., Pantosti D., 2001. *Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy*. *Annali di Geofisica, Suppl. vol. 44, 4, pp. 180, con CD-ROM*.

Viti M., Mantovani E., Babbucci D., Tamburelli C., 2006. *Quaternary geodynamics deformation pattern in the southern Appennines*. *Boll. S.G.Ital.* 125, fasc. 3, 273-291, 6 ff.