

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

INSCRIZIONE ALBO N° 1027


IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. *Roberto Bosetti*

# autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO  
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE  
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

<b>1</b>	<b>ELABORATI GENERALI</b>
<b>2.1.21</b>	STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI Regione Veneto Relazione idrogeologica

1	SETT. 2023	RICHIESTE INTEGRAZIONI M.A.S.E.	ENGEO s.r.l.	G. BERRERA	C. COSTA
0	MAR. 2021	EMISSIONE	ENGEO s.r.l.	G. BERRERA	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO:  LUGLIO 2009			<b>DIREZIONE TECNICA GENERALE</b>		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:  
NUMERO PROGETTO:  31/09					

## INDICE

1	Premesse .....	2
1.1	Inquadramento geografico .....	2
1.2	Principali fonti informative .....	3
1.2.1	Studio idrogeologico a supporto del Progetto Definitivo .....	3
1.2.2	Dati forniti da Autostrada del Brennero S.p.A. ....	4
1.2.3	Indagini integrative .....	5
1.2.4	Altre fonti informative .....	5
1.3	Elaborati grafici prodotti .....	6
2	Inquadramento geologico .....	7
2.1	Aspetti geologici generali .....	7
2.2	Caratteristiche litostratimetriche in corrispondenza dell'A22 .....	11
3	Inquadramento idrogeologico .....	13
4	Struttura degli acquiferi .....	15
5	Permeabilità dei depositi superficiali .....	16
5.1	Depositi a elevata permeabilità .....	16
5.2	Depositi a permeabilità da elevata a bassa .....	16
5.3	Depositi a permeabilità da bassa a nulla .....	16
6	Dinamica delle acque sotterranee .....	18

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	1 di 20

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	<i>Progetto definitivo</i>

## 1 PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio idrogeologico effettuato a supporto della progettazione definitiva per la realizzazione della terza corsia dell'autostrada A22, "del Brennero", prevista tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314), relativamente al tratto ricadente nella sola Regione Veneto.

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente e, in particolare, del D.M. 14/01/2008, Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Esso ha comportato, innanzitutto la raccolta di tutta la documentazione esistente relativa all'area oggetto d'intervento, quali, studi geologici/idrogeologici precedenti, carte tematiche, dati stratigrafici e piezometrici, citati nel paragrafo 1.2.

Mediante l'analisi critica e l'elaborazione di tale documentazione si è, quindi, proceduto a definire, per l'area d'imposta dell'infrastruttura in esame e un suo discreto intorno:

- Il quadro geologico e idrologico di riferimento
- le caratteristiche idrostratigrafiche;
- la permeabilità dei depositi superficiali;
- la dinamica delle acque sotterranee.

### 1.1 Inquadramento geografico

Il tratto veneto dell'autostrada A22 "del Brennero", ha una lunghezza di oltre una ventina di chilometri, collegando all'incirca le chilometriche 223 e 246 (cfr. immagine aerea di Fig. 1).

Esso ricade interamente in provincia di Verona, interessando, da nord verso sud, i comuni di Bussolengo, Sona, Verona, Sommacampagna, Villafranca, Vigasio, Povegliano Veronese e Nogarole Rocca.

In questo tratto, l'infrastruttura attraversa una porzione dell'alta pianura padana, compresa tra i fiumi Adige e Mincio, lambendo la città di Verona e incrociando, al limite sud-orientale di tale abitato, l'autostrada A4.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	2 di 20

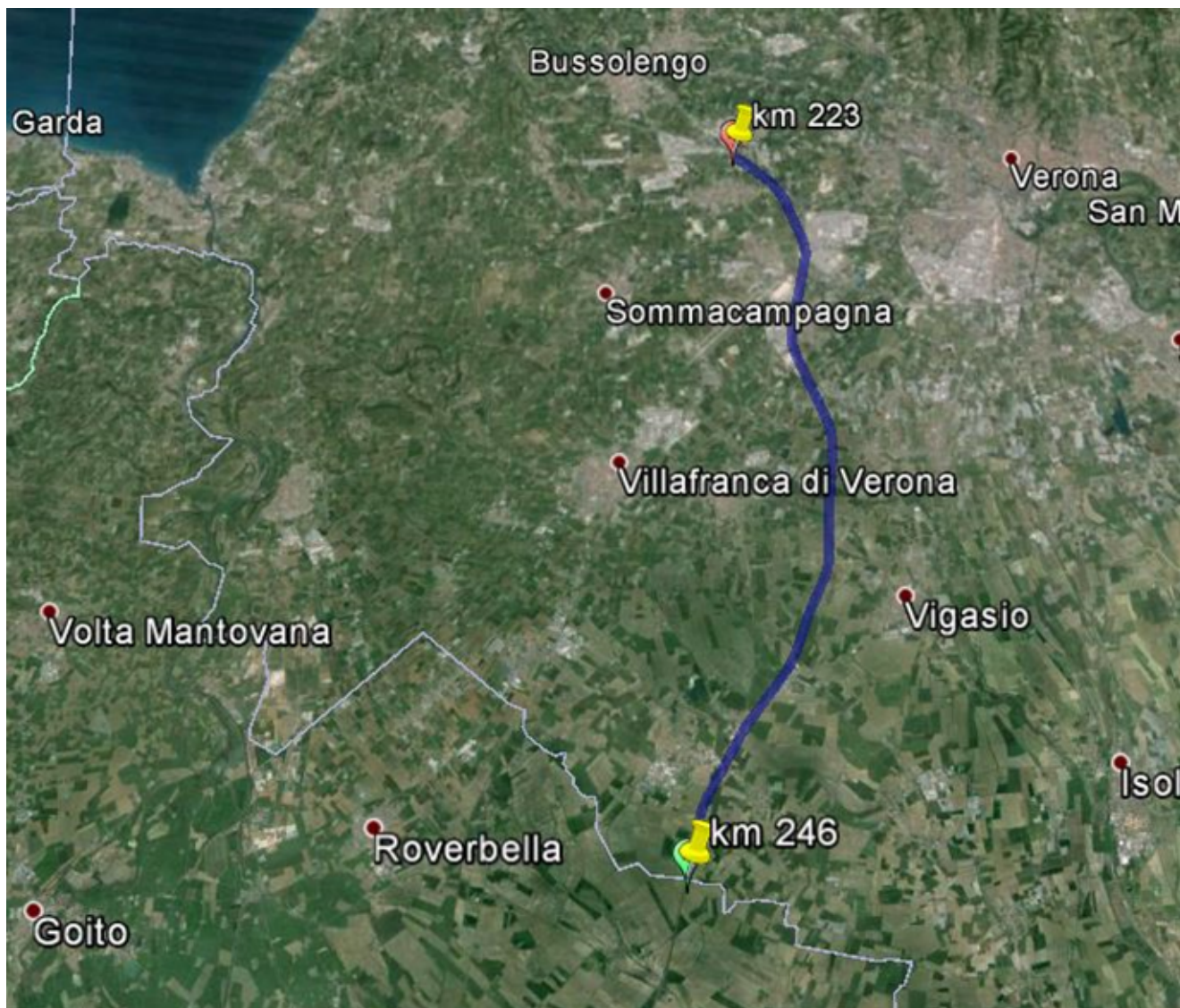


FIG. 1 – IMMAGINE AEREA DEL TRATTO DI AUTOSTRADA VENETO OGGETTO D'INTERVENTO  
 (DA GOOGLE EARTH)

## 1.2 Principali fonti informative

Come indicato nelle premesse, la prima fase dello studio è consistita nella ricerca e raccolta di tutta la documentazione esistente relativa all'area oggetto d'intervento.

Di seguito sono citate tutte le fonti informative utilizzate.

### 1.2.1 Studio idrogeologico a supporto del Progetto Definitivo

La Relazione Geologica a supporto del Progetto Definitivo dell'intero intervento di realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314), redatta, nel dicembre

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	3 di 20

<b>PROGETTO</b>	<b>LIVELLO</b>
<b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b> Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <b>Tratto Regione Veneto</b>	<i>Progetto definitivo</i>

2009, da parte dello Studio Associato Geologia Applicata di Mezzocorona (Tn), contiene i seguenti capitoli che illustrano i risultati dello studio idrogeologico effettuato:

- Capitolo 5 - Aspetti idrogeologici generali
- Capitolo 6 - Aspetti idrogeologici locali
- Capitolo 7 – Vulnerabilità idrogeologica

Alla relazione sono, inoltre, allegati gli elaborati grafici, di seguito elencati, che sono risultati di particolare interesse per lo svolgimento del presente lavoro:

- Carta idrogeologica con piezometria dell'acquifero superficiale (Tavole da B<sub>1-3</sub>, B<sub>2-3</sub>, B<sub>3-3</sub>)
- Sezioni litostratigrafiche ed idrogeologiche (Tavole da D<sub>1-15</sub> a D<sub>15-15</sub>)

### 1.2.2 **Dati forniti da Autostrada del Brennero S.p.A.**

I dati forniti da Autostrada del Brennero S.p.A. sono relativi alla progettazione sia dell'intera autostrada che di interventi locali, come: sottopassi, sovrappassi, svincoli, stazioni di accesso, piazzole, ecc.

Il più delle volte, si tratta di intere relazioni geologiche, relative alla singola opera oggetto di studio, con uno spazio temporale che spazia tra il 1993 e il 2015; dunque, comprendendo anche gli approfondimenti d'indagine effettuati per la realizzazione della terza corsia. Invece, per quanto riguarda la progettazione dell'autostrada si hanno a disposizione dei sondaggi effettuati negli anni 1966 e 1967.

La consultazione e il recepimento di tali dati è stato possibile grazie al lavoro di raccolta, riorganizzazione, analisi, razionalizzazione e georeferenziazione delle stesse informazioni, effettuato dal dott. geol. Matteo Baisi, sempre su incarico di Autostrada del Brennero S.p.A.

Per il tratto in esame sono disponibili i dati relativi alle indagini di campagna riepilogate nella seguente tabella (cfr. Tab. 1):

<b>Tipo di indagine</b>	<b>Quantità</b>
Sondaggio a carotaggio continuo (SC)	62
Trincea o pozzetto esplorativo (T)	32
Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)	2
Prova penetrometrica dinamica (SCPT)	2
MASW	1

**TAB. 1 – INDAGINI GEOGNOSTICHE FORNITE DA AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. RELATIVE AL TRATTO AUTOSTRADALE IN ESAME**

A questi vanno aggiunti quelli forniti dalle prove di laboratorio effettuate su 134 campioni.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	4 di 20

**1.2.3 Indagini integrative**

Alla luce delle necessità progettuali e, soprattutto, di quanto ricostruito grazie alla raccolta e analisi critica della documentazione esistente, relativa all'area oggetto d'intervento, all'interno dello studio per la progettazione definitiva, è stato pianificato un programma di indagini integrative.

Dette indagini sono state eseguite dalla ditta Intergeo s.r.l. di Modena tra l'ottobre e il dicembre 2015.

Nel tratto veneto sono state realizzate 2 prove CPTU, entrambe approfondite fino a rifiuto: la prova VR-CPTU3 è stata interrotta a soli -3,50 m dal piano campagna; mentre, la VR-CPTU4 è riuscita a indagare un discreto spessore di sottosuolo, pari a 16 m.

**1.2.4 Altre fonti informative**

Tra le altre fonti informative va, innanzitutto, considerata la consultazione on-line della cartografia tematica e della documentazione relativa alle banche dati territoriali caricate sul Geoportale della Regione Veneto<sup>1</sup>.

A riguardo, di particolare ausilio per la redazione del presente studio sono state le seguenti basi informative:

- Idrografia
- Disponibilità risorse idriche
- Idrogeologia

Quindi, si è fatto riferimento, per quanto d'interesse, agli elaborati che costituiscono il Piano di Tutela delle Acque (PTA) del Veneto, approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale, n° 107 del 5 novembre 2009, e il Quadro conoscitivo del Piano Territoriale di Coordinamento (PTCP) della Provincia di Verona, approvato con deliberazione di Giunta Regionale n. 236 del 3 marzo 2015.

Infine, sono, di seguito, elencati i principali testi scientifici consultati:

- ARPAV (2008) - Le acque sotterranee della pianura veneta. I risultati del progetto SAMPAS
- C.N.R.-I.R.S.A. (1979) – Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana. Quaderni I.R.S.A., 28 (II), Roma
- C.N.R.-I.R.S.A. (1981) – Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana. Quaderni I.R.S.A. 51 (II), Roma
- ISPRA (2015) - Modello geologico 3D e geopotenziali della Pianura Padana centrale (Progetto GeoMol). Rapporti ISPRA, 234/2015, pp. 104 e Appendice
- Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP (2002): Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia"

<sup>1</sup> Cfr. <https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/geoportale>

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	5 di 20



<b>PROGETTO</b>	<b>LIVELLO</b>
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Veneto	Progetto definitivo

### 1.3 Elaborati grafici prodotti

A supporto della presente relazione è stato redatto il seguente elaborato grafico (cfr. Tab. 2– Elaborati grafici prodotti):

<b>Codice</b>	<b>Codice</b>	<b>Scala</b>
VEN-ID.2.1	Carta idrogeologica	1:25.000

TAB. 2– ELABORATI GRAFICI PRODOTTI

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	<b>Elaborato</b>	<b>Data</b>	<b>Agg.</b>	<b>Pag.</b>
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	6 di 20

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1 Aspetti geologici generali

Il territorio in esame appartiene al settore nord orientale della Pianura Padana la cui evoluzione geologica risulta connessa allo sviluppo della catena alpina e di quella appenninica, costituendo, sin dal tardo Cretacico, la parte frontale delle due sistemi ad opposta convergenza.

Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali.

Strutturalmente la pianura veronese rientra in un settore della Pianura Padana a carattere omonoclinico (*Pedealpine Homocline*), con una debole immersione regionale del basamento mesozoico verso sud (cfr. Fig. 2).

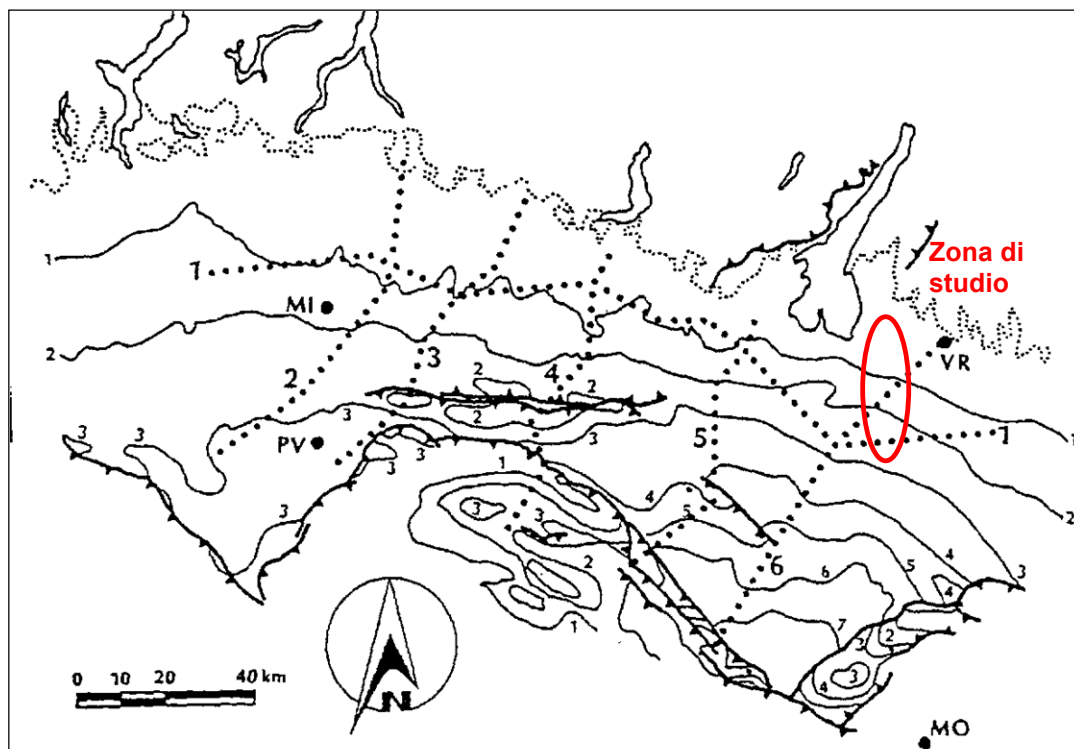


FIG. 2 – SCHEMA TETTONICO STRUTTURALE DELLA PIANURA PADANA (DA PIERI E GROPPPI, 1981)  
 (ISOBATE DEL TETTO DEL PLIOCENE IN MIGLIAIA DI METRI)

L'evoluzione del bacino padano vede, a partire dal Messiniano, la quasi completa cessazione dei movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Nel contempo si registra un sensibile spostamento verso Nord-Est del fronte dell'Appennino settentrionale. Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino padano sono

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	7 di 20



strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde Nord Appenniniche e dai lunghi periodi di relativa calma e subsidenza isostatica dei bacini. Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico, risente in modo consistente di tali movimenti.

Il margine settentrionale risente, invece, in modo più blando di quanto succede nel bacino. I movimenti sono registrati da superfici di erosione arealmente anche molto estese, dalla riattivazione di strutture mioceniche sepolte e dalla deposizione di livelli detritici fini legati a movimenti eustatici.

Gli studi della successione sedimentaria plio-pleistocenica padana ne hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo.

Infatti, i depositi torbiditici di mare profondo, presenti alla base, sono ricoperti da un prisma sedimentario all'interno del quale si distinguono le seguenti *facies*: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale.

I corpi sedimentari presentano due direzioni prevalenti di progradazione: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

Le principali classi di sistemi deposizionali possono essere raggruppate come segue:

- Piana alluvionale ad alimentazione assiale (paleo-Po)
- Conoide alluvionale e piana alluvionale ad alimentazione alpina e appenninica
- Delta ad alimentazione assiale (paleo Po) alpina ed appenninica
- Delta conoide alpino ed appenninico
- Piana costiera
- Piattaforma sommersa
- Scarpate sottomarina
- Piana bacinale.

L'organizzazione verticale delle *facies* all'interno delle prime quattro classi di sistemi deposizionali, ed in particolare nei sistemi di piana alluvionale, di conoide alluvionale e nei sistemi deltizi, è invariabilmente costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana con corpi a granulometria fine. Molte volte è possibile distinguere una gerarchia di spessori, con insiemi di cicli di rango inferiori spessi alcuni metri che costituiscono cicli di rango superiore, spessi alcune decine metri.

Si può ipotizzare che tali unità cicliche rappresentano fasi sedimentarie di alta energia alternate a fasi di bassa energia dovute rispettivamente all'attivazione e alla disattivazione dei sistemi deposizionali.

Il settore meridionale del sottosuolo in esame è stato recentemente studiato, con particolare dettaglio, in quanto interno all'area pilota italiana individuata dal Progetto Geomol<sup>2</sup> per poter analizzare un settore

<sup>2</sup> Il Progetto GeoMol "Assessing subsurface potentials of the Alpine Foreland Basins for sustainable planning and use of natural resources" è finanziato dal Programma Spazio Alpino 2007-2013 - Cooperazione Territoriale Europea, nell'ambito del tema prioritario 3 - Environment and Risk Prevention.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	8 di 20

strategico, sia dal punto di vista della valutazione del geopotenziale (geotermia) che per la presenza di strutture tettoniche sismicamente attive.

In particolare, grazie all'interpretazione di un dataset costituito da 12.200 km di linee sismiche (807 linee) e da 126 log di pozzi (cfr. Fig. 3), è stato possibile ottenere una modellazione geologica omogenea 3D per l'intera area pilota.

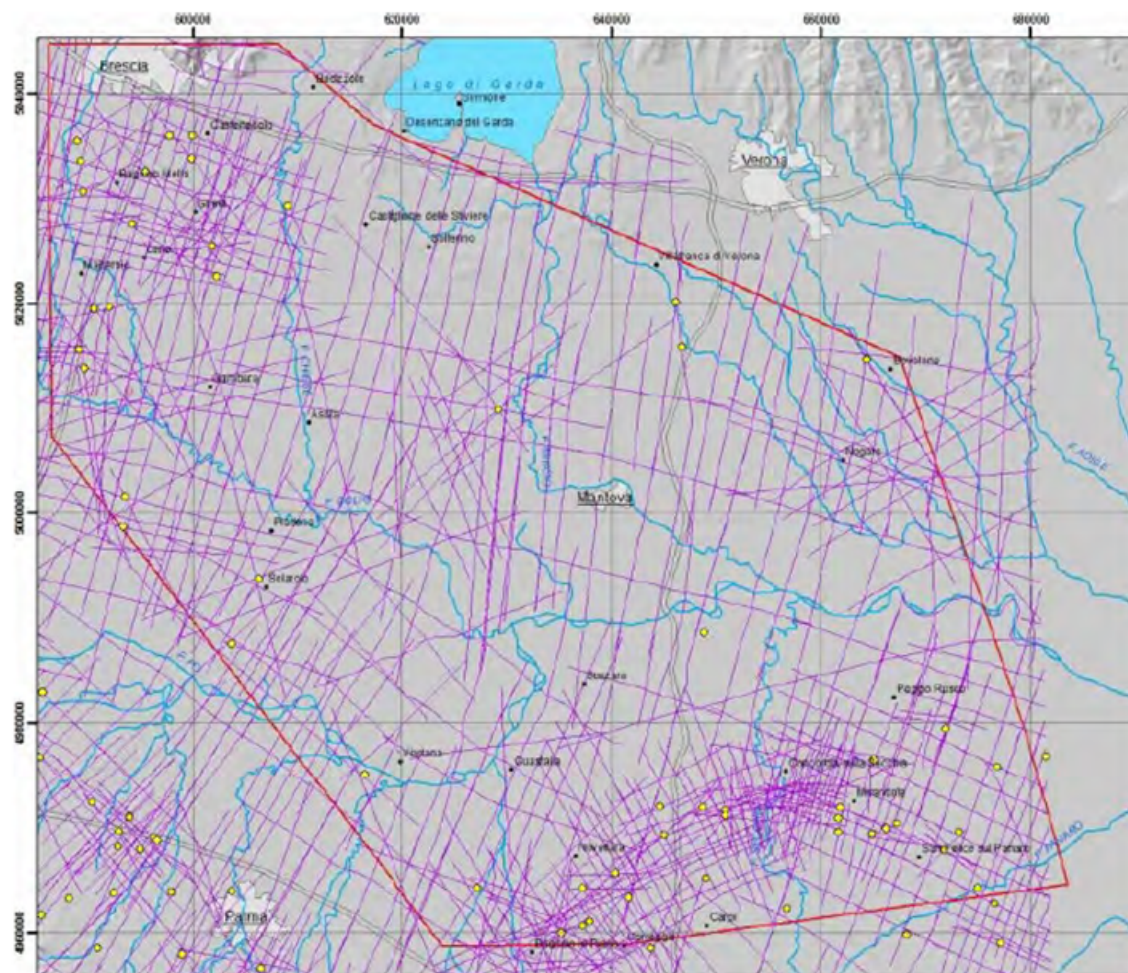


FIG. 3 – BASE DATI UTILIZZATA PER LA MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA

Tale modellazione è basata su uno schema stratigrafico, riportato in Fig. 4, valido alla scala regionale, che distingue 16 unità, dal Permiano al Pleistocene, separate da superfici di discontinuità riconoscibili nel sottosuolo, in quanto riflettori sismici ben evidenti e correlabili. Proprio in Fig. 4 si osserva che, solo nel Pleistocene, sono presenti 7 unità: 4 marine e 3 continentali.

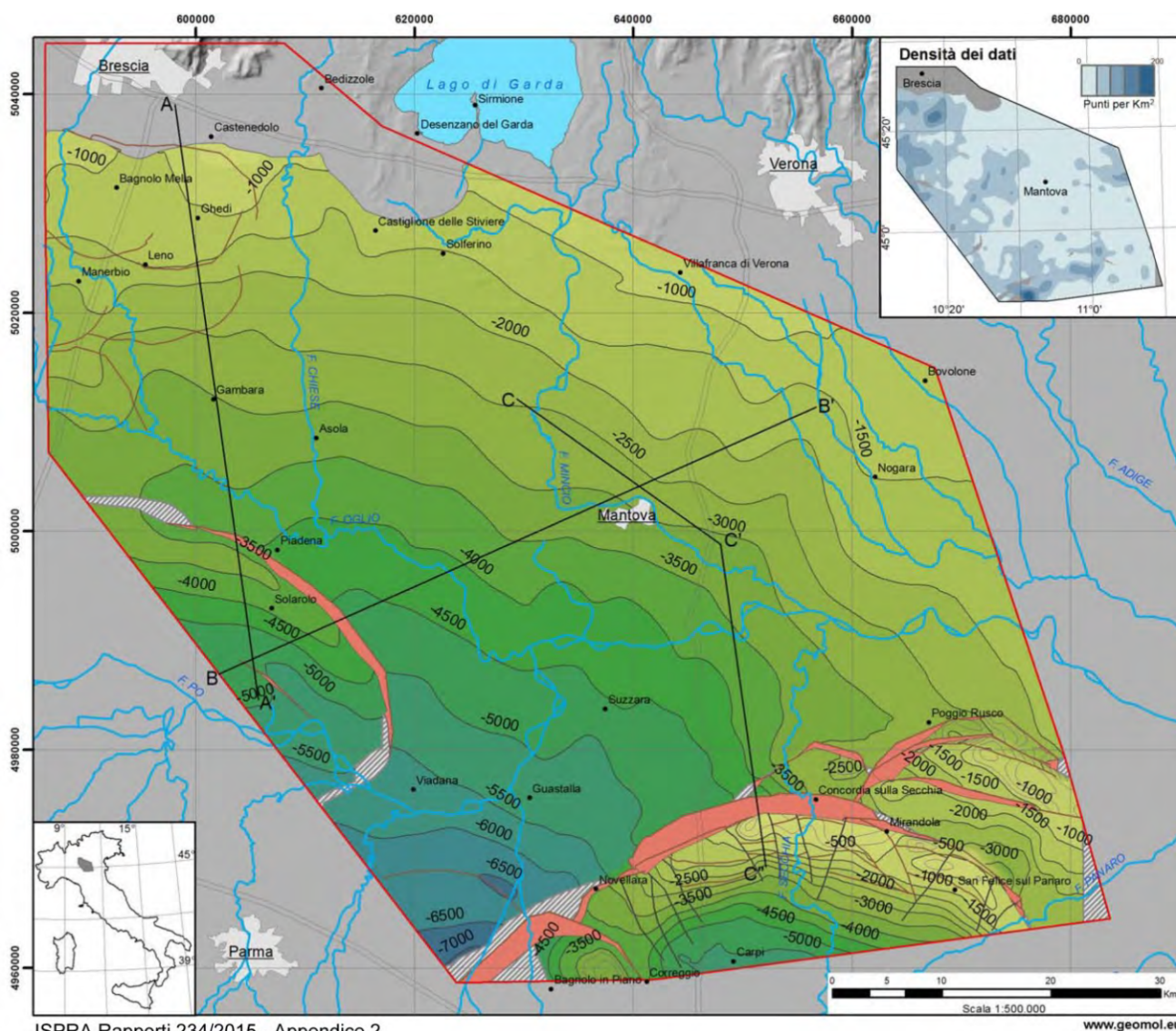
 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	9 di 20

	UNITA'	FORMAZIONI	ORIZZONTE
Pleistocene	PLCc		QC3
	PLCb		QC2
	PLCa		QC1
	PLMd		QM3
	PLMc		QM2
	PLMb		QM1
	PLMa		GEL
	Pliocene	PL	Porto Corsini Porto Garibaldi Argille Santerno
Miocene sup.	MESb	Serghano Fusignano	ME3
	MESa	Gessoso-solfifera Marne di Gallare	ME1
Miocene sup.	MIO	Marne di Gallare	MLW
	EC-OL	Marne di Gallare Scaglia omessa	SCA
Cretac. inf. Paleocene	K-FAL	Scaglia marne del Corro breccia di Cavone Marna a fucoidi	MAI
			NOR
Giurassico med. Cretacico inf.	J-K	Maiolica Calcari aptici Rosso ammonitico Calcari posidonia Oolite S. Vigilio	TE
Triassico sup. Giurassico inf.	TR-J	Medolo Coma Calcari grigi Dolomia Principale	
Permian Carnico	P-TR		

FIG. 4 – SCHEMA STRATIGRAFICO PER LA MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA

Il modello 3D permette, oltre a misurare dei volumi, di estrarre rappresentazioni numeriche 2D, sia in mappa (vedi, ad esempio, in Fig. 5 la mappa della base del Pliocene. , ottenuta mediante curve a ugual quota s.l.m. e rappresentando gli elementi strutturali che la intersecano) che in sezione.





ISPRRA Rapporti 234/2015 - Appendice 2

www.geomol.eu

FIG. 5 –MAPPA DELLA BASE DEL PLIOCENE ALL'INTERNO DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA  
 (DALLA PRESENTAZIONE DI ANDREA PICCIN: "IL PROGETTO EUROPEO GEOMOL", SABBIONETA 3/02/16)

## 2.2 Caratteristiche litostratimetriche in corrispondenza dell'A22

Le indagini pregresse e di nuova esecuzione, citate nel paragrafo 1.2, hanno consentito di ricostruire l'assetto litostratimetrico dell'area oggetto di studio, rappresentato graficamente nelle Sezioni litostratimetriche, in scala L=1:5.000 H=1:500, di cui elaborati VEN-GE.4.1, VEN-GE.4.2 e VEN-GE.4.3 e descritte nella Relazione geologica (cfr. elaborato VEN-GE.1).

In tali sezioni i dati delle indagini sono stati correlati utilizzando 7 differenti classi di terreni:

1. Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie
2. Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	11 di 20

3. Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi
4. Depositi prevalentemente limosi o limoso sabbiosi
5. Depositi prevalentemente argillosi, argilloso limosi o limoso argillosi
6. Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe
7. Rilevato autostradale esistente

Dalla lettura di questi elaborati si possono fare le seguenti considerazioni:

- Tutto il settore più settentrionale del territorio in esame, a nord della chilometrica 232, è largamente dominato dai “Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie” al cui interno si trovano solo piccole lenti di “Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli”.
- Nel tratto compreso all'incirca tra la chilometrica 232 e la chilometrica 237, si osserva che livelli di “Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie” si interdigitano a livelli costituiti da sedimenti più fini (dai limi alle sabbie con ghiaie e ciottoli), rilasciati da correnti a minor energia di trasporto.
- I “Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe” sono stati rappresentati solo a costituire una piccola lente, nel primo sottosuolo nella valle del fiume Tartaro.
- Tra la chilometrica 237 e la chilometrica 242, almeno nei primi 50 m di sottosuolo, la classe più presente è quella dei “Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli”, sottostanti una copertura di spessore variabile (fino a 7÷8 m) di depositi a differenti tessiture (da argillosa a sabbiosa).
- A sud della chilometrica 242 dominano i “Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi” con locali lenti appartenenti alle altre classi.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	12 di 20

### 3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche strutturali, geologiche e sedimentologiche della pianura veneta, condizionano fortemente la situazione idrogeologica. Ciò fa sì che sia possibile individuare, da monte a valle, situazioni, ben distinte tra loro, ma strettamente collegate.

Gli spessori del materasso alluvionale sono stati ricavati utilizzando essenzialmente stratigrafie AGIP ed indagini sismiche.

L'analisi di questi dati indica che, nel bacino occidentale di alta pianura, come segnalato dal pozzo Villafranca 1, gli spessori dei materiali raggiungono un valore massimo di circa 900 m, con una falda freatica ospitata in ghiaie fino a circa 400 m. Al di sotto di questo orizzonte compaiono sabbie ed argille, tali da determinare una successione di acquiferi confinati. Raggiunti i 900 m di profondità, si incontra un substrato marnoso miocenico.

A sud dell'alta pianura, la zona di media e bassa pianura, è caratterizzata, anche a modeste profondità, da un sistema di falde acquifere sovrapposte, alla cui sommità è presente localmente una piccola falda libera.

Sempre in base ai dati AGIP i materiali sciolti della media e bassa pianura, che rappresentano gli acquiferi e gli acquicludi/acquitardi, presentano spessori ancora più rilevanti. Nel settore occidentale, in direzione sudest verso il mantovano, gli spessori superano i 2.500 m, mentre nella zona del delta del Po le alternanze di acquiferi ed acquicludi/acquitardi raggiungono spessori di oltre 3.000 m.

In relazione alle caratteristiche qualitative delle acque presenti in questi materiali sciolti, è possibile evidenziare che, con l'aumento della profondità, compaiono, entro la copertura, acque salmastre e salate.

In particolare si può osservare nella parte più occidentale della pianura veneta un interfaccia acqua dolce-acqua salata posta attorno ai 400 m (Villafranca 1, Nogarole 1, Bovolone 1, Grezzano 1).

Questa analisi a grande profondità ha il pregio di inquadrare la situazione generale, ma, da un punto di vista strettamente idrogeologico, occorre basarsi su conoscenze di maggior dettaglio. Risulta perciò indispensabile concentrare l'attenzione sulla situazione idrogeologica presente nei primi 400 m di profondità, che risulta essere anche quella di maggior interesse per l'utilizzo idropotabile.

La profondità della superficie freatica della falda libera dell'alta pianura è molto variabile da zona a zona.

È massima al limite settentrionale e decresce verso valle fino ad annullarsi in corrispondenza della fascia delle risorgive, dove la tavola d'acqua della potente falda libera viene a giorno originando delle sorgenti di pianura dette appunto risorgive.

A ridosso dei versanti montuosi le profondità riscontrate sono variabili: in generale, valori ridotti di profondità sono localizzati nelle aree a cavallo degli attuali alvei fluviali; valori maggiori si hanno, invece, nelle zone più distanti dagli alvei stessi. Questa situazione risulta connessa al processo di dispersione in falda che avviene lungo il tronco più settentrionale di molti alvei fluviali che sboccano in pianura.

Nella porzione settentrionale della media pianura, è presente una falda freatica superficiale, variabile in profondità, al di sotto della quale è possibile individuare una prima falda confinata o semi-confinata.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	13 di 20



Sempre nella media pianura, si rinvengono degli acquiferi confinati (in pressione) che costituiscono delle digitazioni dell'acquifero indifferenziato, che si spingono verso valle entro i sedimenti argilloso-limosi.

La prevalenza del livello piezometrico tende ad aumentare con la profondità dell'orizzonte acquifero esaminato; ciò è in parte anche dovuto al minor sfruttamento di falde particolarmente profonde, come nel caso di orizzonti posti attorno ai 300÷400 m al di sotto del piano di campagna.

Anche nella bassa pianura è presente una falda freatica superficiale, di spessore maggiormente limitato e con maggiore discontinuità laterale, al di sotto della quale si rinvengono delle falde confinate sovrapposte.

In questo caso però sia la falda libera che quelle confinate sono ospitate in acquiferi a granulometria sabbiosa, più o meno fine, per lo meno fino ad una profondità di circa 300 m.

Le falde in pressione di bassa pianura sono collegate idraulicamente agli acquiferi confinati della media pianura.

Per quel che riguarda la qualità delle acque sotterranee negli acquiferi dei primi 300 m, alcune analisi effettuate su falde confinate della media pianura, hanno segnalato un tendenziale peggioramento delle caratteristiche qualitative con l'aumento della profondità. In particolare, alcuni campionamenti d'acqua realizzati nella media pianura hanno evidenziato, con l'aumentare della profondità, una diminuzione dell'ossigeno disciolto e del potenziale redox, accompagnata ad un aumento del residuo fisso, del contenuto in ferro, manganese, arsenico ed ammoniaca. Questa situazione è connessa anche alle ridotte velocità di flusso di queste falde confinate.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	14 di 20

#### 4 STRUTTURA DEGLI ACQUIFERI

Il quadro idrostratigrafico di dettaglio, in corrispondenza dell'infrastruttura in esame, può essere desunto dalle caratteristiche litologiche dei terreni (criterio idrolitologico), rappresentate nelle Sezioni litostratigrafiche di cui agli elaborati VEN-GE.4.1, VEN-GE.4.2 e VEN-GE.4.3 e descritte nel paragrafo 2.2.

L'associazione dei valori numerici alle classi litologiche si basa sul confronto con terreni consimili a permeabilità nota. A riguardo, in Fig. 6 è riportata la tabella che definisce i valori ed i limiti convenzionali per granulometria, tipo di formazione e grado di permeabilità, utilizzata anche nel presente studio per definire la conducibilità idraulica dei depositi rilevati.

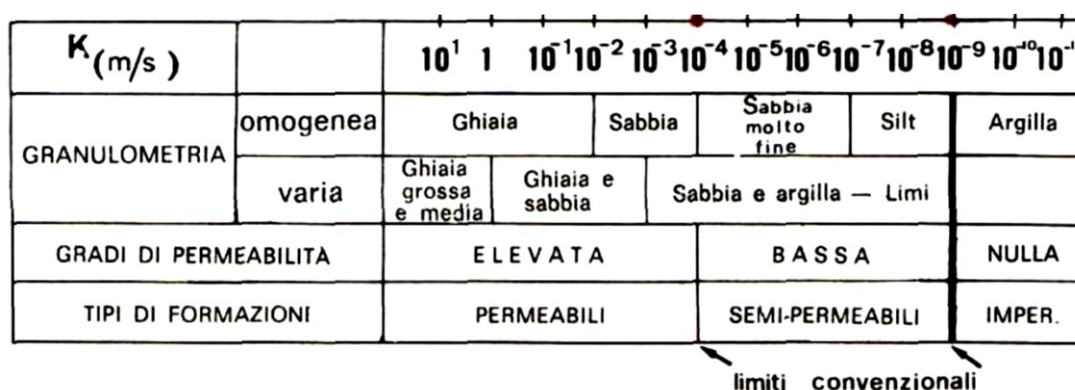


FIG. 6 – VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (DA CASTANY, 1982)

In estrema sintesi, dalla lettura delle Sezioni litostratigrafiche si evince che tutto il tratto in esame è dominato da depositi con grado di permeabilità elevato.

Questa classe di sedimenti è, infatti, l'unica presente a nord della chilometrica 232; tra la chilometrica 232 e la chilometrica 237, si osserva che livelli permeabili si interdigitano a livelli semi-permeabili e/o impermeabili; mentre, sono sottostanti a una copertura di spessore variabile (fino a 7÷8 m) di depositi a differente permeabilità (da bassa a nulla), tra la chilometrica 237 e la chilometrica 242. Infine, dominano anche a sud della chilometrica 242, con locali lenti appartenenti alle altre classi.

## 5 PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

La determinazione della permeabilità dei depositi superficiali fornisce le informazioni necessarie alla quantificazione dei meccanismi di ricarica legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché alla valutazione del grado di protezione degli acquiferi superficiali.

Tale tematismo è stato raffigurato nella Carta idrogeologica di cui all'elaborato VEN-ID.1, anch'essa redatta con criterio idrolitologico, cioè, attribuendo alle classi litologiche definite nelle Carte geolitologiche con ubicazione indagini (cfr. elaborati: VEN-GE.2.1, VEN-GE.2.2 e VEN-GE.2.3) un determinato valore di conducibilità idraulica.

Sono, così, state definite le 3 classi di permeabilità di seguito descritte:

### 5.1 Depositi a elevata permeabilità

Ricadono in questa classe i "Depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi", costituiti da le ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie limose, in strati di spessore decimetrico.

Tali depositi caratterizzano tutta la porzione più settentrionale del territorio attraversato dall'infrastruttura in esame, a nord della chilometrica 233, oltre a un breve tratto, all'incirca tra il km 242 e il km 243.

Sono associati a un'alta permeabilità, con coefficiente  $k$  maggiore di  $10^{-4}$  m/sec.

### 5.2 Depositi a permeabilità da elevata a bassa

Si tratta di "Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi", il cui valore di permeabilità è strettamente legato alla percentuale di matrice fine che, intasando i vuoti presenti tra gli elementi grossolani, determina una netta diminuzione della conducibilità idraulica e una notevole variabilità, sia in senso orizzontale che verticale.

L'autostrada oggetto di studio è impostata su questa classe litologica solo in un tratto, compreso, all'incirca, tra il km 233 e il km 234.

### 5.3 Depositi a permeabilità da bassa a nulla

A questa classe appartengono "Depositi prevalentemente argillosi e limosi" e i "Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe" che, in relazione alla granulometria fine o estremamente fine, determinano valori del coefficiente di permeabilità  $k$  inferiori  $1 \cdot 10^{-7}$  m/sec, se non a  $1 \cdot 10^{-9}$  m/sec e porosità totale elevata (caso in cui possono immagazzinare notevoli quantità di acqua anche se la circolazione al loro interno è pressoché assente).

La conducibilità idraulica può aumentare, in prossimità della superficie topografica, in conseguenza della

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	16 di 20

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b> Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <i>Tratto Regione Veneto</i>	<i>Progetto definitivo</i>

fessurazione per essiccamento, frequente nei periodi più aridi. Elemento significativo in questi tipo di depositi è la risalita capillare, che fa sì che questi terreni, anche in assenza di falda possono risultare pressoché saturi.

Questa tipologia di depositi è quasi sempre presente come terreni d'imposta nel settore meridionale dell'infrastruttura in esame, a sud della chilometrica 233,5.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	17 di 20

## 6 DINAMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Come anticipato nel capitolo 3, il settore di territorio indagato si caratterizza per la presenza di due distinti settori dalle caratteristiche idrogeologiche differenti: l'alta pianura, a nord, e la media pianura, più a sud.

L'elemento di separazione tra queste 2 zone è il limite settentrionale della fascia delle risorgive, che intercetta l'A22, intorno alla chilometrica 235. Tale limite coincide con un cambio litologico da le granulometrie più grossolane, a monte, verso le granulometrie più fini, a valle.

In particolare, considerando il primo acquifero, fino ad una profondità di almeno 50 metri, si osserva il passaggio da un sistema monostrato a ghiaie dominanti, ad uno con acquiferi con sede in orizzonti prevalentemente sabbiosi, localmente compartimentati da lenti argilloso-limose.

Le risorgive rappresentano l'espressione superficiale della risalita a quota campagna delle acque di falda e rivestono una forte valenza paesistico-ambientale oltre che idrogeologica.

Il loro meccanismo di funzionamento è strettamente legato alla dinamica delle acque sotterranee e alla geometria dei serbatoi acquiferi. Le acque s'infiltrano nel sottosuolo nell'area delle conoidi alluvionali di alta pianura e, spostandosi su di un substrato inclinato, penetrano sempre più in profondità. Verso valle, la repentina diminuzione di conducibilità idraulica in senso orizzontale, dovuta al fatto che i sedimenti ghiaioso-sabbiosi permeabili sfumano gradualmente in depositi meno permeabili, fa sì che l'acqua in pressione si sposti verso i punti in cui incontra minor resistenza.

Nell'alta pianura la falda risulta sempre a pelo libero. Più a sud, invece, la presenza o meno di depositi di copertura a minore permeabilità, unitamente alle condizioni dei livelli idrici, fanno sì che la falda contenuta nel primo acquifero si presenti talora a pelo libero e talora in pressione.

L'alimentazione dell'intero sistema idrogeologico avviene, prevalentemente, in corrispondenza dell'alta pianura, nell'acquifero indifferenziato, in cui la tavola d'acqua si trova in diretta comunicazione con la superficie. I principali fattori di ricarica possono essere individuati nella dispersione dei corsi d'acqua, nelle precipitazioni, nell'irrigazione e negli afflussi sotterranei provenienti dagli acquiferi fessurati presenti nei rilievi prealpini. L'ordine d'importanza di questi fattori è variabile da zona a zona.

Osservazioni di serie storiche mostrano che il regime idrogeologico è, ovunque, di tipo unimodale, caratterizzato, normalmente, da una fase di piena che si verifica nel periodo ricadente tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno, una fase di magra tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera.

Le caratteristiche idrodinamiche del territorio in esame sono state rappresentate, nella Carta idrogeologica di cui all'elaborato VEN-ID.1.

In essa è stato, innanzitutto, raffigurato l'assetto della superficie della prima falda, mediante rappresentazione di curve isopieze ad ugual livello statico.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	18 di 20

Per quanto riguarda la morfologia, si è fatto riferimento a quanto indicato in studi precedenti (cfr. paragrafo 1.2.4); mentre, i livelli sono quelli relativi alla campagna di misure effettuata per lo studio a supporto del progetto definitivo, datata 12 giugno 2007.

Come si è potuto verificare nel corso di successive indagini, detto rilievo risulta significativo, in quanto, ha riguardato una situazione di alto piezometrico, anche se non può essere assunto come il massimo livello raggiungibile dalla falda.

L'andamento delle isopieze risulta in sostanziale accordo con le caratteristiche generali delle unità idrogeologiche: le direzioni del flusso idrico sotterraneo, sempre ortogonali all'andamento delle stesse isopieze, presentano direzione, prevalentemente, verso sud/sud-est.

Nella porzione più settentrionale del territorio indagato è stato individuato anche uno spartiacque sotterraneo (allineamento da cui divergono le direzioni di flusso), con andamento nord-ovest/sud-est.

Il gradiente idraulico medio è dell'ordine dell'1‰: più elevato, nel tratto centrale, dove può raggiungere il 2‰, minore alle estremità, in cui si abbassa fino allo 0,5‰.

Nella Carta idrogeologica di cui all'elaborato ER-ID.1 sono rappresentati anche:

- i pozzi pubblici ad uso idropotabile, con relative fasce di rispetto,
- la fascia delle risorgive, con indicazione dei fontanili attivi e di quelli estinti,
- i laghi di cava (aree in cui l'attività estrattiva ha intercettato la falda freatica),
- il fiume Tartaro.
- I punti di misura della falda utilizzati per la ricostruzione dell'assetto piezometrico

Altre informazioni idrodinamiche interessanti sono raffigurate sulle Sezioni litostratigrafiche di cui elaborati VEN-GE.4.1, VEN-GE.4.2 e VEN-GE.4.3.

In tali elaborati sono, infatti, rappresentati tutti i piezometri a tubo aperto con indicazione dei relativi tratti ciechi e fenestrati e del massimo livello raggiunto dalla falda. E' stata, inoltre, disegnata la linea d'involuppo di massima falda che rappresenta sempre i livelli più alti tra quelli indicati nello studio a supporto del progetto definitivo e i dati considerati nel presente approfondimento.

Dalla lettura di tali elaborati si evince che la soggiacenza, si riduce gradualmente dall'estremità settentrionale del tratto indagato, ove è superiore a 40 m, verso sud. Già a partire dalla chilometrica 232 e per tutto il settore più meridionale, si può, comunque, affermare che, in periodi di alto piezometrico, la falda raggiunge quote prossime al piano campagna; fatto, del resto, dimostrato anche dalla presenza dei laghi di cava e dei fontanili.

In Tab. 3 sono riportati i dati originariamente utilizzati per la ricostruzione della piezometria rappresentata nelle carte idrogeologiche (2007) confrontati con le misure di alcuni dei piezometri che sono tutt'ora misurabili (giugno 2023).

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	0	19 di 20



Come si può constatare le misure del 2007, sebbene effettuate nello stesso mese di giugno, presentano livelli statici più alti di oltre 2 metri, indicando, come già illustrato in precedenza, che nella carte idrogeologiche è rappresentata una situazione di alto piezometrico, anche se non può essere assunta come il massimo livello raggiungibile dalla falda.

	Quota b.p.	Soggiacenza	Livello statico	Soggiacenza	Livello statico
		m	m s.l.m.	m	m s.l.m.
Piezometro	m s.l.m.	12/06/2007	12/06/2007	19/06/2023	19/06/2023
VR-SC14-Pz	71.4	21.35	50.05	25.00	46.40
VR-SC21-Pz	65.7	17.85	47.85	20.08	45.62
VR-SC24-Pz	62.6	15.67	46.93	17.70	44.90
VR-SC26-Pz	59.00	13.25	45.75		
VR-SC34-Pz	41.00	2.64	38.36		
VR-SC37-Pz	39.60	3.65	35.95		
VR-SC48-Pz	35.00	2.25	32.75		
VR-SC53-Pz	37.30	5.61	31.69		

TAB. 3 - MISURE UTILIZZATE PER LA RICOSTRUZIONE DELLA PIEZOMETRIA