

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

INSCRIZIONE ALBO N° 1027

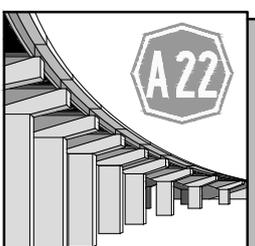
IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

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)

1	ELABORATI GENERALI
2.3.30	STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI Regione Emilia Romagna Relazione idrogeologica

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

INDICE

1	Premesse.....	2
1.1	Inquadramento geografico.....	2
1.2	Principali fonti informative.....	4
1.2.1	Studio idrogeologico a supporto del Progetto Definitivo.....	4
1.2.2	Dati forniti da Autostrada del Brennero S.p.A.....	4
1.2.3	Indagini integrative.....	5
1.2.4	Studi a supporto di piani territoriali.....	5
1.2.5	Altre fonti informative.....	6
1.3	Elaborati grafici prodotti.....	7
2	Inquadramento geologico.....	8
2.1	Aspetti geologici generali.....	8
2.2	Caratteristiche litostratimetriche in corrispondenza dell'A22.....	12
3	Inquadramento idrogeologico.....	13
4	Struttura degli acquiferi.....	16
5	Permeabilità dei depositi superficiali.....	19
5.1	Depositi a elevata permeabilità.....	19
5.2	Depositi a permeabilità da elevata a bassa.....	19
5.3	Depositi a bassa permeabilità.....	19
5.4	Depositi a permeabilità da bassa a nulla.....	20
6	Dinamica delle acque sotterranee.....	21

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	1 di 23

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 Emilia Romagna.

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 emiliano dell'autostrada A22 "del Brennero", ha una lunghezza di una trentina di chilometri, collegando all'incirca la chilometrica 284 con l'intersezione con l'autostrada A1, nei pressi del km 314.

Come rappresentato nell'immagine aerea di Fig. 1, nella porzione settentrionale ricade in provincia di Reggio Emilia, interessando i comuni di Reggiolo e Rolo; mentre, più a sud attraversa i comuni di Carpi e Campogalliano, in provincia di Modena.

In questo tratto, l'infrastruttura attraversa una porzione di pianura padana in cui gli unici elementi geografici significativi sono due corsi d'acqua artificiali: il cavo Lama e il canale della Bonifica Parmigiana Moglia.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	2 di 23

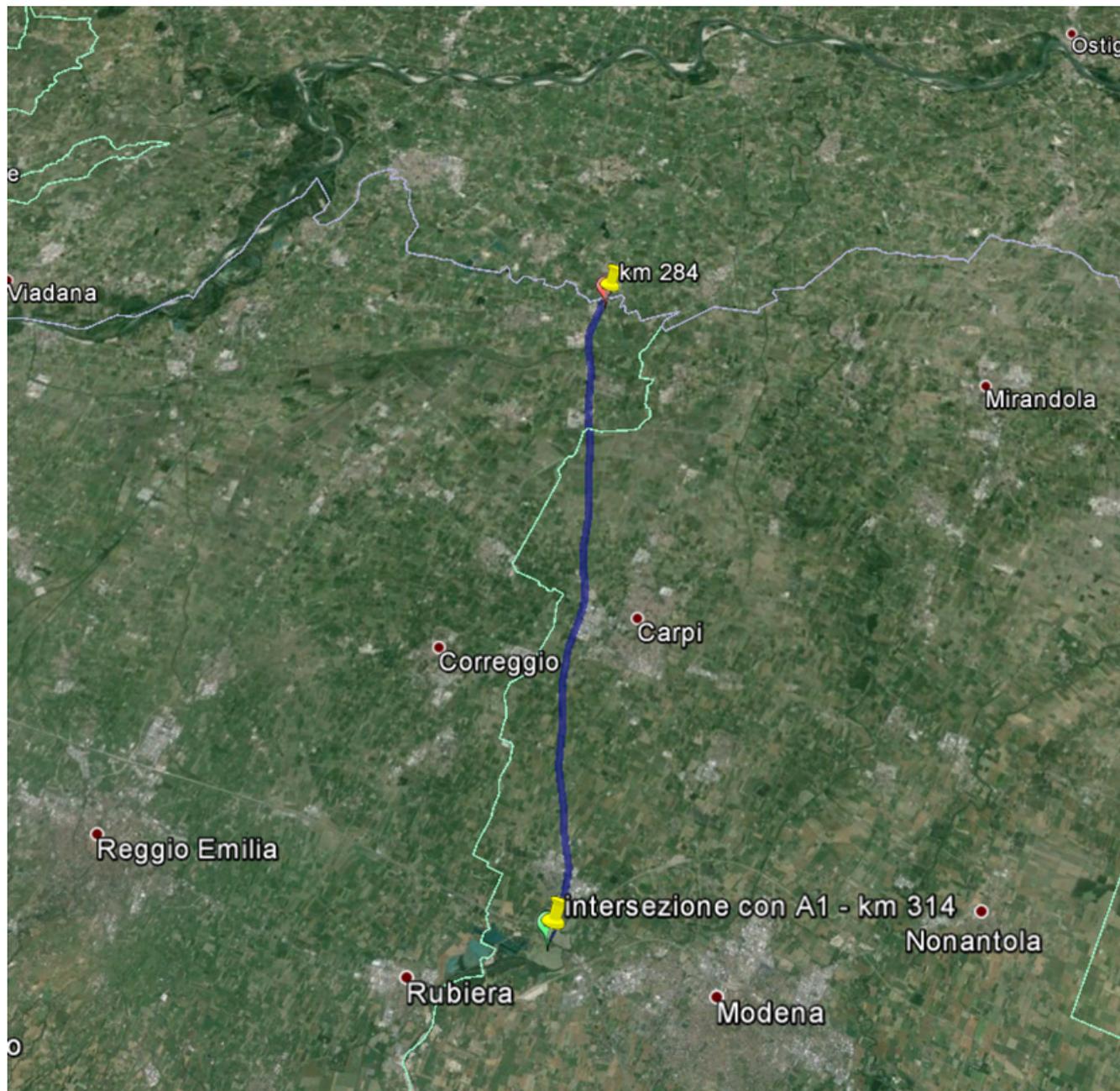


FIG. 1 – IMMAGINE AEREA DEL TRATTO DI AUTOSTRADA EMILIANO OGGETTO D'INTERVENTO
 (DA GOOGLE EARTH)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	3 di 23

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 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 B₁₋₃, B₂₋₃, B₃₋₃)
- Sezioni litostratigrafiche ed idrogeologiche (Tavole da D₁₋₁₅ a D₁₅₋₁₅)

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):

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	4 di 23

PROGETTO	LIVELLO
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 Emilia Romagna	Progetto definitivo

Provincia	Tipo di indagine	Quantità
Reggio Emilia	Sondaggio a carotaggio continuo (SC)	11
	Trincea o pozzetto esplorativo (T)	14
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)	4
	Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)	1
Modena	Sondaggio a carotaggio continuo (SC)	34
	Trincea o pozzetto esplorativo (T)	44
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)	7
	Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)	22

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 22 campioni, prelevati in provincia di Reggio Emilia, e 286 campioni, prelevati in provincia di Modena.

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 emiliano sono state realizzate 6 prove CPTU: 2 in provincia di Modena e 4 in provincia di Reggio Emilia. 2 di esse non hanno raggiunto la profondità prevista, pari a 30 m, riuscendo comunque a indagare un discreto spessore di sottosuolo: rispettivamente, 10,94 e 25,00 m.

1.2.4 Studi a supporto di piani territoriali

Fonti informative di particolare interesse, in considerazione della scala a cui sono stati redatti, sono gli elaborati appartenenti al Quadro Conoscitivo dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) vigenti, ovvero:

- il nuovo P.T.C.P. della provincia di Reggio Emilia, approvato dal Consiglio Provinciale con delibera n. 124 del 17/06/2010
- il nuovo P.T.C.P. della provincia di Modena, approvato dal Consiglio Provinciale con delibera n. 46 del 18/03/2009

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	5 di 23

PROGETTO	LIVELLO
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 Emilia Romagna	<i>Progetto definitivo</i>

Va, peraltro, sottolineato, che essi contengono approfondimenti specifici in recepimento del Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Emilia Romagna, approvato in via definitiva con Delibera n. 40 dell'Assemblea legislativa, il 21 dicembre 2005.

Dati di maggior dettaglio vengono, inoltre, forniti dagli studi geologici a supporto della pianificazione dei comuni attraversati dall'infrastruttura in esame. Di seguito, sono elencati quelli che si sono potuti consultare:

- D. Barani (1999) – Piano Regolatore Generale del Comune di Reggiolo (RE). Variante generale al P.R.G., “Relazione Illustrativa”
- G.M. Mazzetti (2003) – Studio geologico ambientale a supporto del Piano Strutturale del Comune di Rolo (RE)
- G. Gasperini (1993) – Piano Regolatore Generale del Comune di Carpi (MO) P.R.G. 2000, “Relazione geologica generale”
- G. Gasperini (2010) – Studio geologico ambientale a supporto del Piano Strutturale di Campogalliano (Mo)

1.2.5 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 curate e aggiornate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna¹.

Di particolare ausilio per la redazione del presente studio è stata, anche, la rilettura della “Relazione geologica, idrogeologica e sismica, parte integrante del progetto preliminare dell'Autostrada Regionale Cispadana dal casello di Reggiolo-Rolo, sulla A22, al casello di Ferrara Sud, sulla A13”, datata giugno 2010, a firma del dott. Carlo Caleffi di Engeo s.r.l.

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:

- AA. VV. (1978) – “Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee della Provincia di Reggio Emilia” – Regione Emilia Romagna e Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
- Autorità di Bacino del Fiume Po. Linee generali di assetto idrogeologico e quadro di intervento Bacino del Secchia. <http://www.adbpo.it>.
- Baraldi

¹ Cfr. https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	6 di 23

PROGETTO	LIVELLO
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 Emilia Romagna	<i>Progetto definitivo</i>

- 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
- Pellegrini M. & Zavatti A. (1980 – Il sistema acquifero sotterraneo tra i fiumi Enza e Panaro e Po: alimentazione delle falde e scambi tra falde, correlazioni idrochimiche” – Quad. Ist. Ric. Acque, 51 (1), pp. 205-216
- Regione Emilia-Romagna, Eni Divisione Agip (1998) - Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna, S.EL.CA., Firenze
- Regione Emilia Romagna (2002): Nuova Carta Regionale della Vulnerabilità: aspetti metodologici.
- Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP (2002): Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia”

1.3 Elaborati grafici prodotti

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

Codice	Codice	Scala
ER-ID.2.1	Carta idrogeologica	1:25.000

TAB. 2– ELABORATI GRAFICI PRODOTTI

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	7 di 23

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1 Aspetti geologici generali

Il settore di territorio in esame ricade nella porzione di Pianura Padana a sud del fiume Po. Si tratta di un esteso bacino subsidente che iniziò a delinarsi quando emersero prima la catena Alpina poi quella Appenninica, di cui la Pianura rappresenta le rispettive avanfosse.

Detto ambiente, dal punto di vista strutturale, risulta strettamente connesso all'Appennino Settentrionale. Infatti, il fronte della catena appenninica non coincide con il margine appenninico-padano (limite morfologico catena-pianura), ma è individuabile negli archi esterni delle Pieghe Emiliane e Ferraresi, sepolte dai sedimenti quaternari. Quindi, il vero fronte appenninico, circa all'altezza del Po, sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta. Si può così schematizzare che l'evoluzione del territorio dell'Emilia-Romagna coincide con l'evoluzione del settore esterno della catena nord-appenninica.

Il quadro stratigrafico del sottosuolo padano (cfr. Fig. 2), ricostruito sulla base di profili sismici e di sondaggi risulta caratterizzato da una potente successione terrigena del Quaternario, suddivisibile, in senso stratigrafico, in un'unità inferiore d'ambiente marino (Qm) e in un'unità superiore, affiorante, d'ambiente continentale (Qc).

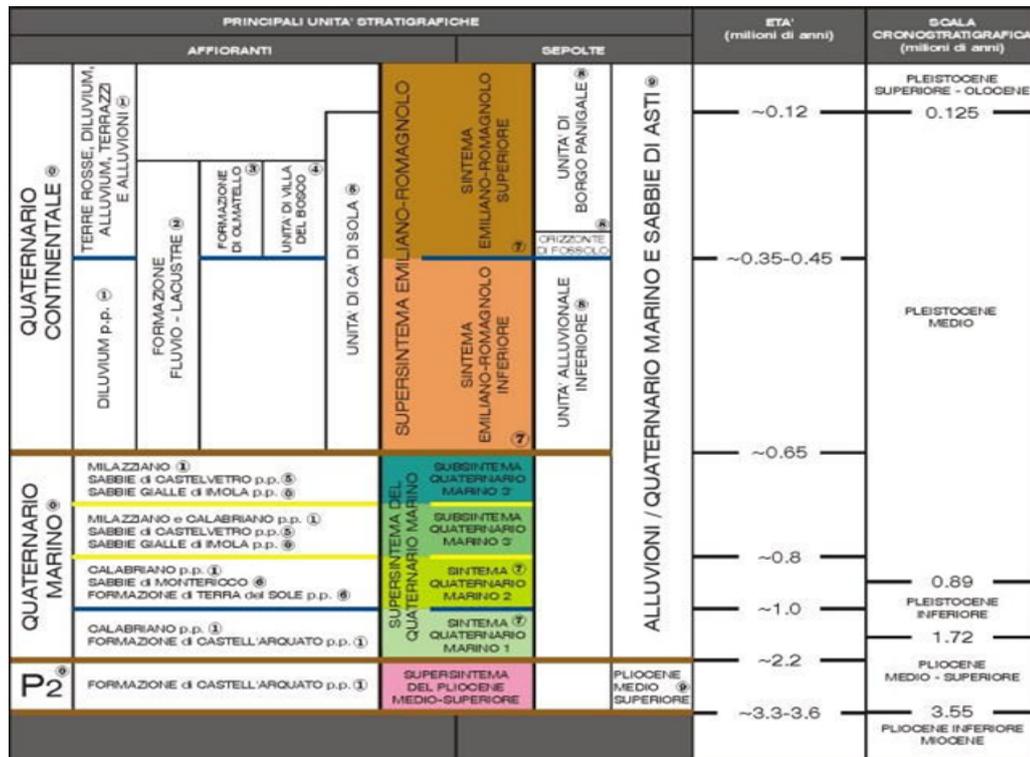


FIG. 2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRATIGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO (DAL SITO DEL SERVIZIO GEOLOGICO REGIONALE)

I sedimenti di origine marina (Qm) si sono depositi a partire da poco dopo la fine del Pliocene (1,73 Ma BP), fino a 0,65 Ma BP (Pleistocene medio). In essi sono riconoscibili tre distinti cicli progradazionali (Qm1, Qm2 e Qm3) ben individuabili nei profili sismici AGIP.

Per quanto riguarda i depositi continentali, i tecnici del Servizio cartografico e geologico della Regione Emilia Romagna hanno riconosciuto due unità stratigrafiche principali: Unità Emiliana Inferiore e Unità Emiliana Superiore.

L'Unità Emiliano-Romagnola Inferiore (AEI), depositatasi presumibilmente tra circa 0,65 e 0,45÷0,35 Ma BP (pleistocene medio), rappresenta la fase iniziale della sedimentazione continentale del Quaternario con limite inferiore e superiore di tipo erosivo. L'unità è sedimentata in un ambiente di piana alluvionale durante un periodo di subsidenza regionale, costituita in prevalenza da depositi fini con intercalazioni di corpi ghiaiosi e sabbiosi nastriformi, riferibili ad antichi paleoalvei fluviali, i quali diventano preponderanti in corrispondenza dell'apertura dei principali bacini vallivi sull'antistante pianura alluvionale.

L'Unità Emiliana Superiore (AES) ha avuto origine, dopo un'importante fase tettonica di sollevamento regionale, con la quale ebbe inizio la rapida progradazione dei sistemi di conoide alluvionale nella zona antistante ai rilievi appenninici e dei sistemi fluvio-deltizi lungo la fascia del Po.

Nei profili geologici (cfr. Fig. 3) i depositi del AES sono indicati con la sigla a; mentre, con la sigla b sono stati accorpati Sabbie gialle, Sabbie di Imola e depositi del AEI.

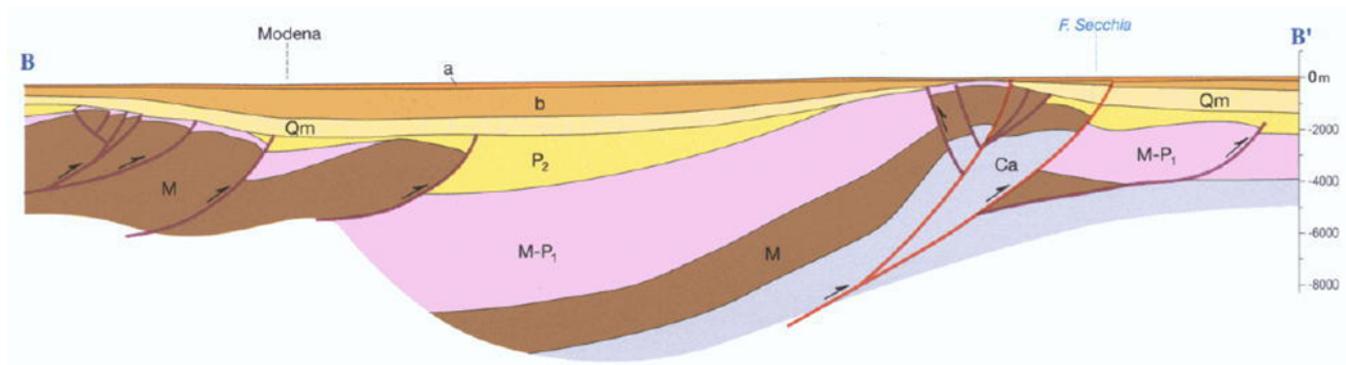


FIG. 3- SEZIONE GEOLOGICA PARALLELA ALL'AUTOSTRADA A22 UNA DECINA DI CHILOMETRI AD EST DELLA STESSA INFRASTRUTTURA (DA AA. VV., 2004, "CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA")

In Fig. 4 è rappresentata la quota della base del AES, con sfumature di colore corrispondenti ad intervalli di 50 metri. Si osserva che, nella porzione di pianura attraversato dal tratto di autostrada un esame, essa passa dagli oltre -300 m del settore più meridionale a quote molto più superficiali (inferiori a -50) in prossimità del confine settentrionale.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	9 di 23

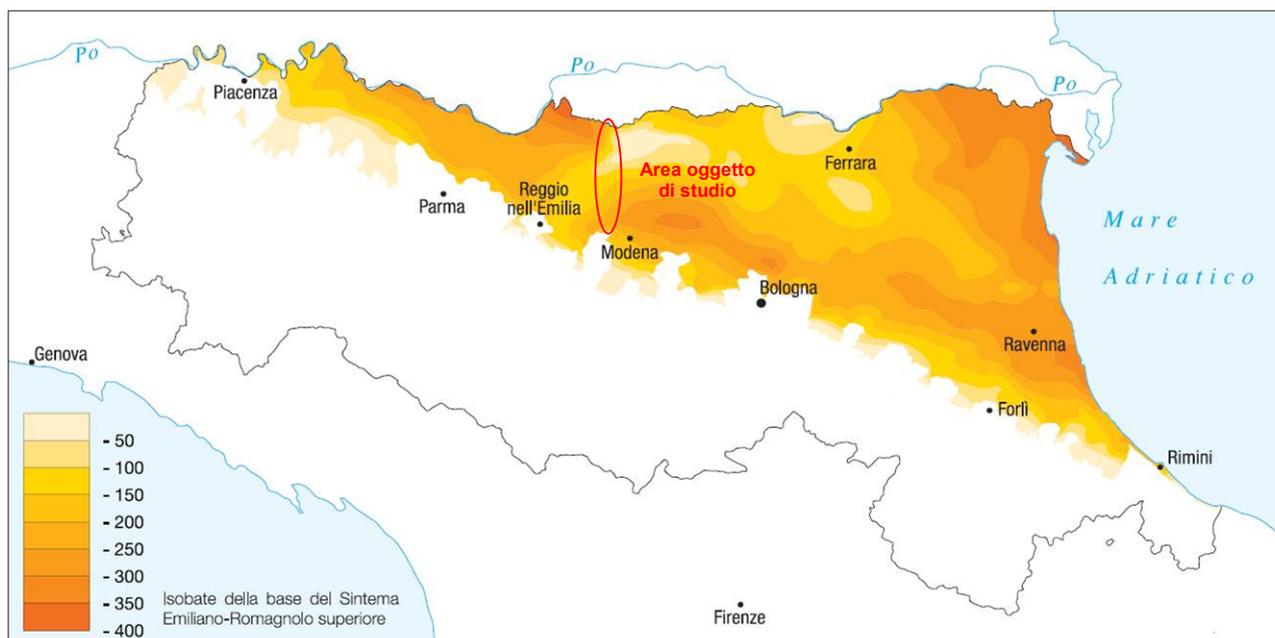


FIG. 4 - RAPPRESENTAZIONE DELLA BASE DEL SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (DA "NOTE ALLA CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA")

Tale assetto è dovuto alla presenza delle già citate Pieghe Ferraresi, struttura appartenente al fronte di accavallamento esterno (E.T.F) che definisce il limite settentrionale dell'Appennino sepolto (cfr. Fig. 5).

Le Pieghe Ferraresi sono un sistema di pieghe-faglie che hanno dato origine a due dorsali sepolte che nell'insieme descrivono, in pianta, un arco vergente verso nord, esteso tra Reggio Emilia e la costa adriatica, che si spinge fino ed oltre il Po tra Ferrara e Occhiobello (RO). In particolare, sono distinguibili una dorsale più interna, che ha il massimo sollevamento tra Novi di Modena e Medolla, nota come struttura o alto di Mirandola, e una più esterna che ha il culmine tra Bondeno e Ferrara.

La strutturazione di queste dorsali sepolte è il risultato dell'attività di faglie inverse (*thrust*) la cui attività è iniziata nel Pliocene medio-superiore, con vergenza settentrionale e piano di scorrimento immergente verso sud; di attivazione più recente sono le strutture retrovergenti con piano di scorrimento immergente verso nord (*backthrust*) che interessano soprattutto gli orizzonti più superficiali.

Nelle aree di sinclinale lo spessore delle alluvioni supera i 500 m mentre nelle zone di alto strutturale, si riduce fino a meno di 100 m, con grandi lacune stratigrafiche e, talora, anche il substrato risulta fortemente eroso.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	10 di 23

Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche.

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 ER-GE.4.1, ER-GE.4.2, ER-GE.4.3, ER-GE.4.4 e descritte nella Relazione geologica (cfr. elaborato ER-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
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 evince che la classe più presente nel sottosuolo in esame, considerando uno spessore una cinquantina di metri, è quella dei "Depositi prevalentemente argillosi, argilloso limosi o limoso argillosi" che domina tutta la porzione di pianura a sud della chilometrica 292.

In questo tratto, le altre tipologie di depositi formano solo delle lenti di dimensioni variabili.

Quelle di "Depositi prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie" e di "Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli" si trovano solo nel settore più meridionale a rappresentare le diramazioni più avanzate della conoide del fiume Secchia.

Per quanto riguarda i "Depositi prevalentemente limosi o limoso sabbiosi" un importante livello, spesso quasi 20 m, è stato rappresentato tra la chilometrica 309 e la chilometrica 310; mentre, una lente di "Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe", domina il primo sottosuolo tra le chilometriche 297 e 300.

Differente è, invece, l'assetto litostratigrafico del settore più settentrionale, a nord della chilometrica 292, dove si nota che, a partire da una profondità variabile, compresa tra i 7 e i 17 m dal piano d'indagine, si incontra un potente banco, pluridecametrico di "Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi", riconducibile alla sedimentazione del fiume Po, quando scorreva molto più a sud rispetto all'attuale posizione.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	12 di 23

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna", (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998 – RIS d'ora in poi) viene presentata per la prima volta a scala dell'intera regione una stratigrafia dei depositi quaternari continentali e marino marginali presenti nel margine appenninico e nel sottosuolo padano, che inquadra questi depositi nel quadro evolutivo del sollevamento della catena appenninica e del simultaneo riempimento del bacino padano - adriatico.

Lo studio è stato condotto attraverso l'analisi dei dati della sismica industriale di ENI-AGIP, tarati con le stratigrafie dei pozzi per idrocarburi e dei pozzi per acqua più profondi tra quelli disponibili nella banca dati geognostici del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Come già indicato nel paragrafo 2.1, nell'inquadramento stratigrafico proposto tutti i depositi quaternari marini affioranti e sepolti presenti nella Regione Emilia-Romagna sono inseriti nel "Supersistema del Quaternario marino", e tutti i depositi continentali affioranti e sepolti vengono inseriti nel "Supersistema emiliano-romagnolo"; quest'ultimo è suddiviso in due unità denominate "Sistema emiliano-romagnolo inferiore" e "Sistema emiliano-romagnolo superiore".

Dette unità sono separate tra loro da superfici di discontinuità stratigrafica, che sui principali fronti di accavallamento della catena corrispondono a discordanze angolari osservabili sia in affioramento (sul margine appenninico) che in sismica (sul margine appenninico, e sui fronti della catena sepolta); i limiti tra le unità corrispondono quindi a fasi di attivazione tettonica.

A queste unità stratigrafiche corrispondono altrettante unità idrostratigrafiche che vengono utilizzate per lo studio del sottosuolo; le corrispondenze tra le unità sono le seguenti (cfr. Fig. 6):

- il "Supersistema del Quaternario marino" corrisponde al "Gruppo acquifero C";
- il "Sistema emiliano-romagnolo inferiore" corrisponde al "Gruppo acquifero B";
- il "Sistema emiliano-romagnolo superiore" corrisponde al "Gruppo acquifero A".

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	13 di 23

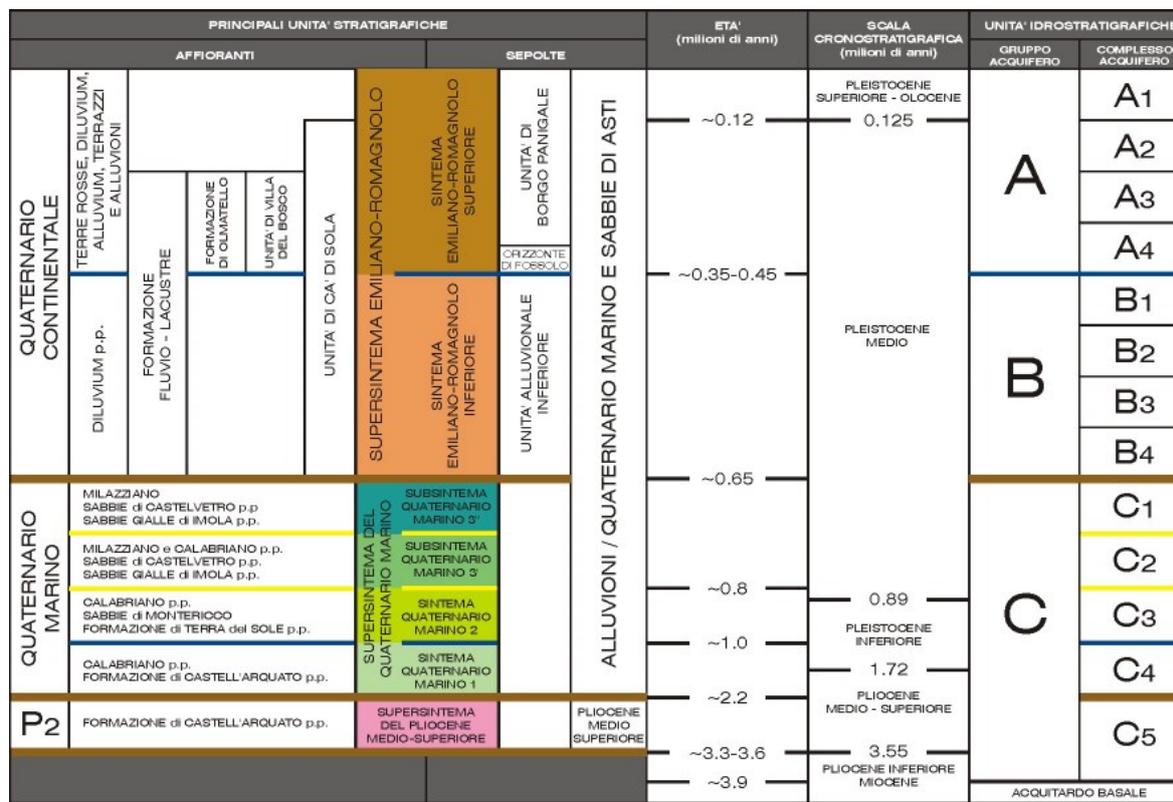


FIG. 6 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO E IDROSTRATIGRAFICO (R.E.R., ENI-AGIP 1998)

Grazie alla gran mole di dati sismici messi a disposizione, in RIS è stato possibile mappare in scala 1.250.000 in tutta la pianura emiliano – romagnola la profondità del limite basale dei tre gruppi acquiferi.

Le carte mostrano come gli andamenti dei limiti basali delle tre unità siano chiaramente influenzati dai principali fronti di accavallamento della catena sepolta, e come, conseguentemente, lo spessore delle unità sia maggiore nelle sinclinali e minore sulle anticlinali. Lo spessore di ciascuno dei gruppi acquiferi è generalmente dell'ordine di alcune centinaia di metri.

Al disopra dei limiti basali delle unità idrostratigrafiche sopra descritte si individuano dei potenti intervalli argilloso – limosi spessi sino ad alcune decine di metri, caratterizzati da geometria tabulare e da una continuità laterale di estensione regionale, che può essere interrotta solamente nelle zone di alto strutturale.

Questi corpi fini costituiscono delle barriere di permeabilità (acquitardo o acquicludo) realmente continue e fanno sì che i tre gruppi acquiferi siano tra loro isolati idraulicamente, e che pertanto il flusso idrico rimanga confinato all'interno della medesima unità, ad esclusione delle zone in cui avviene la ricarica diretta dei gruppi acquiferi di cui si dirà più oltre.

In RIS viene anche illustrata attraverso alcune sezioni geologiche l'architettura interna dei tre gruppi acquiferi. Ciascuno di essi è articolato secondo una organizzazione ciclica dei depositi molto marcata; sulla base di questa ciclicità è stato possibile suddividere ciascuno dei gruppi acquiferi in complessi acquiferi.

Sono stati distinti 4 complessi acquiferi nei gruppi acquiferi A e B, e 5 complessi acquiferi nel gruppo acquifero C.

I complessi acquiferi vengono denominati con un numero progressivo dall'alto stratigrafico verso il basso, posto dopo il nome del gruppo acquifero (ovvero A1, A2, A3, ...).

In generale si osserva che ogni complesso acquifero è costituito da una porzione inferiore prevalentemente fine seguita da una superiore prevalentemente grossolana; lo spessore di ogni complesso acquifero è dell'ordine di alcune decine di metri. All'interno di ogni complesso acquifero la porzione grossolana viene denominata sistema acquifero, la porzione fine sistema acquitardo. Questi livelli a bassa permeabilità (acquitardi o acquicludi) causano una ulteriore compartimentazione all'interno dei tre gruppi acquiferi e fanno sì che i diversi complessi acquiferi siano tra loro isolati idraulicamente, ad esclusione delle zone in cui avviene la ricarica diretta di queste unità.

Dal punto di vista genetico, la ciclicità espressa dai complessi acquiferi viene messa in relazione ad eventi climatici che causano l'alternarsi di attivazioni e disattivazioni dei sistemi fluviali e deltizi.

I lavori svolti nell'ambito della realizzazione della Carta Geologica di Pianura, hanno permesso di dettagliare ulteriormente la stratigrafia proposta in RIS. In particolare si è distinta una unità pellicolare denominata A0, posta superiormente ad A1; questa unità corrisponde a depositi di età pleistocenica terminale ed olocenica, sedimentatisi dopo l'ultima glaciazione.

L'unità A0 comprende quindi i depositi presenti nel primo sottosuolo della pianura, nonché gran parte di quelli affioranti.

Le porzioni grossolane di A0 sono costituite da corpi non molto estesi, volumetricamente poco rilevanti, e, quando non sono amalgamate a depositi permeabili dell'unità A1, costituiscono degli acquiferi sfruttati esclusivamente a fini domestici. Ciò si verifica in un'ampia zona della pianura emiliana, interposta tra le conoidi appenniniche e i complessi acquiferi di pertinenza padana, di ampiezza sempre maggiore spostandosi da ovest verso est (cartografata, cautelativamente, considerando amalgamati anche corpi permeabili separati tra loro da uno spessore di argilla potente sino a due metri circa).

Alla luce di quanto sopra detto l'intero acquifero regionale è pertanto costituito da un complesso sistema multifalda, caratterizzato dalla gerarchizzazione degli acquiferi e degli acquitardi più sopra descritta. Tutte le falde presenti sono in condizioni confinate, ad esclusione delle zone in cui avviene la ricarica diretta degli acquiferi.

Questo inquadramento strutturale sostituisce il modello di acquifero che considerava i livelli impermeabili presenti nel sistema come non continui, e pertanto l'intera pianura emiliano-romagnola veniva assimilata ad un acquifero monostrato con un'unica falda in continuità, libera, parzialmente confinata o in pressione procedendo da ovest verso est.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	15 di 23

4 STRUTTURA DEGLI ACQUIFERI

Considerando la ricostruzione idrostratigrafica effettuata da Regione Emilia-Romagna e da Eni-Agip raffigurata nella Sezione 26 consultabile sul sito del Servizio Geologico Regionale (la più rappresentativa della zona oggetto di studio) e riportata nello stralcio di Fig. 7, si osserva che tale assetto è fortemente condizionato dalle strutture tettoniche presenti in zona.

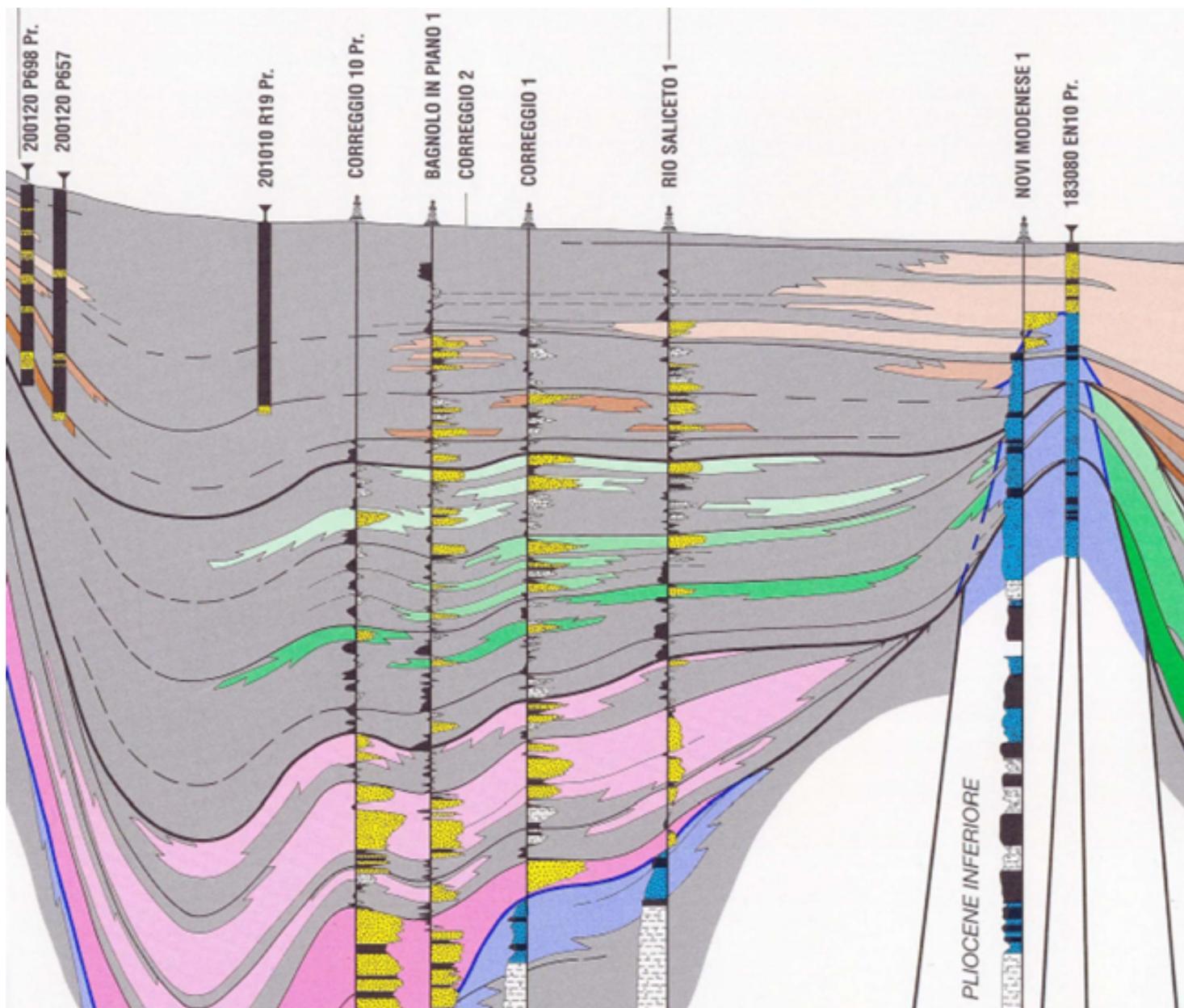


FIG. 7 – STRALCIO DELLA SEZIONE IDROSTRATIGRAFICA N. 26
 (TRATTO DAL SITO SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	16 di 23

In particolare, la dorsale ferrarese provoca un forte assottigliamento dello spessore degli acquiferi. Infatti la profondità della base del gruppo acquifero A (in color marrone), che nelle zone circostanti raggiunge i 250 m circa di profondità dal p.c., in corrispondenza dell'asse della dorsale è inferiore ai 100 m (70÷80 m circa); mentre, gli acquiferi sottostanti risultano completamente erosi.

Un altro aspetto molto evidente, soprattutto se si osserva il primo sottosuolo, fino a un centinaio di metri di profondità, è che, nel settore più a nord, la percentuale di strati permeabili è molto alta, mentre, nella media pianura essi tendono ad assottigliarsi, formando lenti di limitato spessore senza continuità laterale. Ancora più a sud, all'estremità meridionale dell'area d'interesse gli acquiferi hanno sede in corpi ghiaiosi, separati da interstrati fini, che rappresentano le diramazioni più avanzate delle conoide appenniniche.

Più in dettaglio, il quadro idrostratigrafico in corrispondenza dell'infrastruttura in esame, può essere desunto dalle caratteristiche litologiche dei terreni (criterio idrolitologico), rappresentate nelle Sezioni litostratimetriche di cui agli elaborati ER-GE.4.1, ER-GE.4.2, ER-GE.4.3, ER-GE.4.4 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. 8 è riportata la tabella che definisce i valori ed i limiti convenzionali fra granulometria, tipo di formazione e grado di permeabilità, utilizzata anche nel presente studio per definire la conducibilità idraulica dei depositi rilevati.

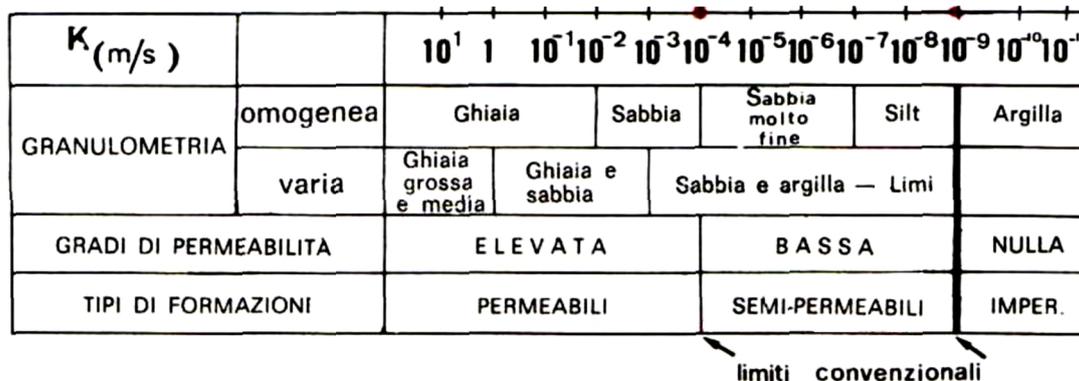


FIG. 8 – VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (DA CASTANY, 1982)

In estrema sintesi, dalla lettura delle Sezioni litostratimetriche si evince che, a sud della chilometrica 292, dominano i depositi a permeabilità da bassa a nulla.

In questo tratto, le falde hanno sede nei piccoli corpi acquiferi lentiformi, mentre nei terreni che li circondano, l'acqua si infila con tempi estremamente lunghi.

Solo nel settore più meridionale, del tratto indagato, sono presenti lenti ad elevata conducibilità idraulica diramazioni più avanzate della conoide del fiume Secchia.

PROGETTO	LIVELLO
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 Emilia Romagna	<i>Progetto definitivo</i>

Differentemente, a nord della chilometrica 292, si nota che, a partire da una profondità variabile, compresa tra i 7 e i 17 m dal piano d'indagine, si incontra un potente banco, pluridecamentrico di depositi sabbiosi a elevata permeabilità, corrispondente con il primo livello acquifero raffigurato all'estremità destra di Fig. 7.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	18 di 23

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 ER-ID.1, anch'essa redatta con criterio idrolitologico, cioè, attribuendo alle classi litologiche definite nelle Carte geolitologiche con ubicazione indagini (cfr. elaborati: ER-GE.2.1, ER-GE.2.2, ER-GE.2.3 e ER-GE.2.4) un determinato valore di conducibilità idraulica.

Sono, così, state definite le 4 classi di permeabilità di seguito descritte:

5.1 Depositi a elevata permeabilità

A tale classe sono stati attribuiti i "Depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi", di conoide, presenti solo nel settore più meridionale del territorio in esame senza interessare direttamente l'autostrada A22.

Questi sedimenti 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'infrastruttura oggetto di studio è impostata su questa classe litologica in vari tratti, sempre inferiori al chilometro, in corrispondenza delle progressive km 286, km, km 287,5, km 289, km 300, km 310 e all'intersezione con l'autostrada A1.

5.3 Depositi a bassa permeabilità

Appartengono a questa classe i "Depositi prevalentemente limosi, talora limoso sabbiosi", legati alla sedimentazione del carico solido di correnti con scarsa competenza, caratterizzati da una permeabilità bassa con coefficiente k minore di 10^{-4} m/sec e maggiore di 10^{-9} m/sec.

Questi terreni, generalmente, presentano un differente grado di permeabilità sia in senso orizzontale che verticale in relazione alla variabilità del rapporto sabbia/limo e alla presenza di sottili intercalazioni argillose.

In superficie le caratteristiche di permeabilità possono essere alterate: ad esempio, la conducibilità idraulica può aumentare in seguito al rimaneggiamento dovuto alle normali pratiche agricole. Dal punto di vista

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	19 di 23

PROGETTO	LIVELLO
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 Emilia Romagna	<i>Progetto definitivo</i>

idrogeologico sono comunque sede di una infiltrazione lenta.

L'A22 interessa questa tipologia di depositi nel primo chilometro, subito a sud del confine con la Regione Lombardia, in 2 tratti, di poche centinaia di metri, in corrispondenza delle chilometriche 287 e 297, oltre che per un lungo tratto compreso tra la progressiva 304,5 e 309,5.

5.4 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 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.

E' la tipologia di litotipi che più interessa la porzione emiliana dell'A22, in particolare, nel settore centrale, compreso all'incirca tra il km 289,5 e il km 304,5.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	20 di 23

6 DINAMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Alla luce del quadro idrostratigrafico precedentemente illustrato, per la descrizione della dinamica delle acque sotterranee bisogna distinguere tra la circolazione che avviene nei terreni più superficiali (appartenenti al complesso acquifero A0) e quella relativa gli orizzonti sabbiosi depositati dal fiume Po (appartenenti al complesso acquifero A1).

Come indicato nel paragrafo 2.2, il primo sottosuolo dell'area attraversata dalle infrastrutture in progetto è dominato da depositi prevalentemente fini, a litologia limosa e/o argillosa, caratterizzati da bassi valori di permeabilità. Solo, localmente, sono presenti lenti costituite da materiali, più grossolani, con abbondanti percentuali di sabbie e ghiaie (quest'ultime limitatamente all'estremità meridionale del territorio indagato), e, quindi, più permeabili.

La circolazione idrica, ovviamente, risulta strettamente condizionata da tale assetto litostratigrafico: le falde hanno sede nei piccoli corpi acquiferi lentiformi, mentre, nei terreni che li circondano, l'acqua si infila con tempi estremamente lunghi.

Studi e misure effettuate su questi depositi, hanno evidenziato che le falde presentano una soggiacenza variabile, generalmente prossima al piano campagna. Essa risente fortemente di fenomeni locali, quali la presenza di corsi d'acqua superficiali, di emungimenti e delle caratteristiche di permeabilità dei terreni sovrastanti che condizionano i tempi di ricarica degli acquiferi.

Infatti, la ricarica di questi corpi lentiformi avviene per infiltrazione delle acque meteoriche superficiali o grazie a possibili comunicazioni con canali e fiumi, che si trovano nelle vicinanze.

Le escursioni stagionali del livello idrico possono essere molto ampie: in particolare, durante le stagioni caratterizzate da intensi fenomeni piovosi, la quota della falda può salire, in brevissimo tempo, fino a sfiorare il piano campagna. Per i serbatoi in prossimità di corsi d'acqua, si osservano fenomeni analoghi in corrispondenza di innalzamenti del livello dell'acqua all'interno dell'alveo.

La situazione idrodinamica è molto differente per quel che concerne i depositi sabbiosi sedimentati dal fiume Po che si rinvengono a nord della chilometrica 292, a partire da una profondità variabile, compresa tra i 7 e i 17 m dal piano campagna, e che formano un elemento continuo che contraddistingue tutto il settore settentrionale dell'area in esame.

L'elevata permeabilità di questi depositi consente, infatti, una buona circolazione idrica per cui essi possono essere accorpati in un unico acquifero all'interno del quale ha sede una falda con caratteristiche comuni in tutta la porzione di territorio in esame.

Dagli studi effettuati è emerso che la falda che ha sede nel primo banco di sabbie di Po risulta, prevalentemente, in pressione, con una salienza anche di quasi 20 m rispetto al tetto dell'acquifero.

L'alimentazione è da attribuire principalmente agli apporti idrici provenienti dalle falde che hanno sede nei corpi acquiferi del settore più occidentale della pianura, mentre, la ricarica per infiltrazione da parte delle acque superficiali, sia meteoriche che dei corsi d'acqua, risulta molto ridotta.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	21 di 23

PROGETTO	LIVELLO
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 Emilia Romagna	<i>Progetto definitivo</i>

Osservazioni di serie storiche mostrano che la falda presenta un regime piezometrico di tipo unimodale, caratterizzato, normalmente, da un massimo primaverile (marzo-aprile) e un minimo a fine estate.

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

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

Per quanto riguarda la morfologia, si è fatto riferimento a quanto indicato in studi precedenti, in particolare quelli effettuati a supporto di piani territoriali (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: la direzione del flusso idrico sotterraneo, sempre ortogonale all'andamento delle stesse isopieze, presenta direzione prevalentemente verso nord/nord-est.

In Comune di Campogalliano, è stata individuato anche un asse di drenaggio e uno spartiacque sotterraneo, settori verso cui convergono o divergono le direzioni di flusso.

Il gradiente idraulico si mantiene generalmente su valori bassi, dell'ordine dell'1‰, nel settore meridionale e, addirittura, inferiori allo 0,5 ‰, in quello settentrionale.

Nella Carta idrogeologica di cui all'elaborato ER-ID.1 sono rappresentati anche i pozzi pubblici ad uso idropotabile, con relative fasce di rispetto, ripresi dagli approfondimenti specifici dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP) in recepimento del Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Emilia Romagna e i laghi di cava (aree in cui l'attività estrattiva ha intercettato la falda freatica).

Altre informazioni idrodinamiche interessanti sono raffigurate sulle Sezioni litostratimetriche di cui elaborati ER-GE.4.1, ER-GE.4.2, ER-GE.4.3, ER-GE.4.4. 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, in tutto il tratto in esame è modesta e i livelli idrici, in periodi di alto piezometrico, possono raggiungere quote prossime al piano campagna; fatto, del resto, dimostrato dalla presenza dei laghi di cava sopradescritti.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	ER-ID.1 - Relazione idrogeologica	Agosto 2023	1	22 di 23

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).

Come si può constatare le misure del 2007, sebbene effettuate nello stesso mese di giugno, presentano livelli statici simili o più alti di quelli recenti, 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. m s.l.m.	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
RE-SC1-Pz	20.00	4.30	15.70		
RE-SC3-Pz	19.73	3.76	15.97		
RE-SC4-Pz	20.80	4.13	16.67		
MO-SC4-Pz	20.80	1.63	19.17	6.70	14.10
MO-SC6-Pz	22.20	1.88	20.32		
MO-SC15-Pz	33.10	2.42	30.68		
MO-SC17-Pz	36.00	2.22	33.78	1.80	34.20
MO-SC32-Pz	40.20	4.01	36.19	4.40	35.80

TAB. 3 - MISURE UTILIZZATE PER LA RICOSTRUZIONE DELLA PIEZOMETRIA