

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

IMPIANTO DI PRODUZIONE AGRIVOLTAICO "TERRE DEL RENO" DA INSTALLARE NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE)

00	31/07/2025	Prima emissione	-	-	-
REV	DATA	DESCRIZIONE	BY	CHK	APP

"Il presente documento è di proprietà di Grid Shape s.r.l. – via Quattro Novembre, 2 – 35123 Padova (Italia). Tutti i diritti su questo documento, sulle immagini, sui disegni e sui testi sono riservati. È severamente vietato cedere, copiare, utilizzare e/o divulgare il presente documento e/o il suo contenuto a terzi. I trasgressori verranno perseguiti"

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	DEFINIZIONE TERRITORIALE	5
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	9
4.1	IDROGRAFIA	14

1 PREMESSA

Per incarico della committenza è stata eseguita un'indagine per la caratterizzazione idrogeologica di un'area interessata dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico. L'impianto è sito nel comune di Terre del Reno (FE), su un'area di circa 113,2 ha, suddivisa in 3 macro sottocampi.

Di seguito si riporta l'inquadramento generale del progetto su ortofoto.



Figura 1 – Ortofoto con ubicazione dell'area

Per la caratterizzazione del sottosuolo sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 9 prove penetrometriche dinamiche DPSH
- n° 1 prove penetrometriche statica CPT
- n° 2 indagine geofisica con metodologia MASW
- n° 1 indagine geofisica con metodologia H.V.S.R.
- n° 3 prove di permeabilità tipo LEFRANC

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di interesse specifico per la presente relazione è la seguente:

- D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018);
- Circ. Min. 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2008);
- Circ. Min. 02/02/2009 “Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche”;
- O.P.C.M. 3274/2003 e succ. modd.;
- O.P.C.M. 3519/2006;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" – D.M. 11/03/1988;
- Istruzioni applicative al D.M. 11.03.88 – Circ. Min. LL.PP. 24.09.88 n° 30483;
- "Raccomandazioni A.G.I. riguardanti l’esecuzione e programmazione delle indagini geotecniche" – A.G.I. 1977.

3 DEFINIZIONE TERRITORIALE

3.1 Inquadramento Geologico e Geomorfologico

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 delinearsi 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 padani. 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.

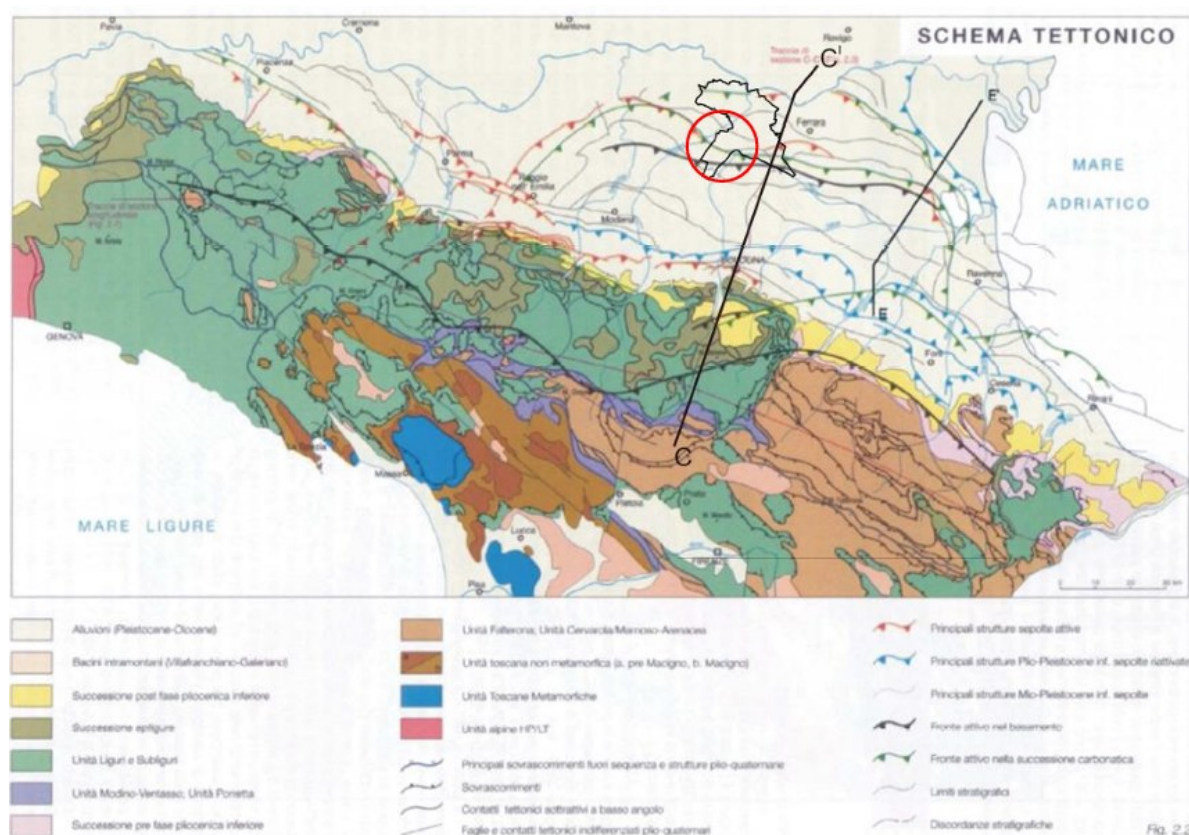


Figura 2 – Schema Tettonico tratto dalla “Carta Geologico-Strutturale dell’Appennino Emiliano-Romagnolo” (RER e CNR 2002)

In questo settore della Pianura Padana affiorano esclusivamente sedimenti fluviali olocenici di derivazione appenninica. I sedimenti di età Pleistocenica, più antichi, sono ovunque sepolti mentre quelli più superficiali hanno età storica anche molto recente, in genere successiva al XV secolo d.C.

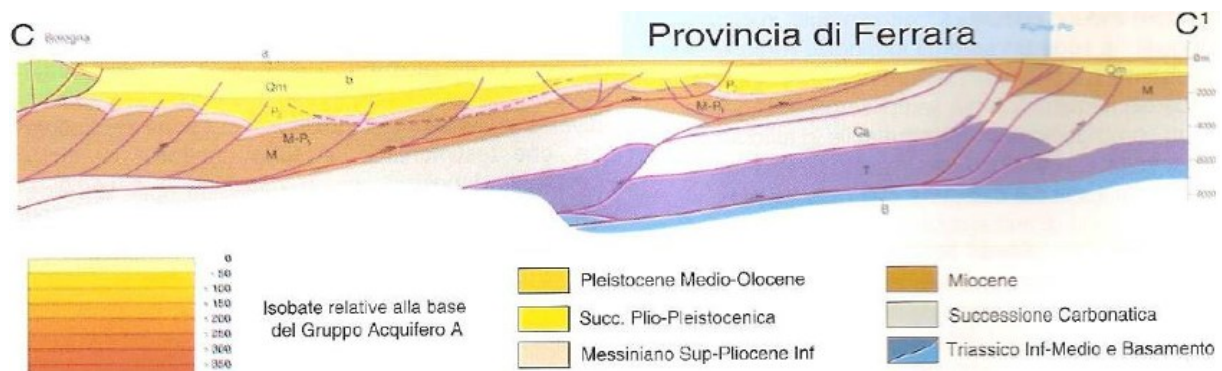


Figura 3 – Sezione geologica interpretativa

Dal punto di vista geomorfologico l'area interessata dalla variante oggetto di studio ricade all'interno della bassa pianura padana, in un contesto territoriale in cui il paesaggio è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti.

Nel complesso il territorio si presenta come una pianura monotona. Le morfologie naturali, che in zona si sviluppano a piccola scala, conferiscono all'area un aspetto debolmente ondulato, movimentato da forme allungate talora convesse e talora concave.

Gli agenti morfogenetici che hanno svolto un ruolo predominante nel modellamento della pianura sono i corsi d'acqua: quelli appenninici, che la attraversano in senso SW-NE, e il fiume Po, che presenta direzione est-ovest.

L'evoluzione naturale di questi corsi d'acqua, che hanno assai frequentemente cambiato corso, sia a causa di fattori di controllo esterni, in particolare quelli climatici e tettonici, sia per fattori interni alla dinamica fluviale, hanno causato una deposizione sedimentaria sia verticale che orizzontale, con la giustapposizione laterale di successivi corpi d'alveo.

L'effetto di questa evoluzione è un complesso intreccio di corpi a tessitura prevalentemente sabbiosa, corrispondenti ad antichi alvei, e di sedimenti fini, limoso-argillosi, spesso ricchi in torbe e resti organici, corrispondenti ai depositi delle aree interfluviali. Questa evidenza si

manifesta in superficie attraverso un articolato microrilievo, costituito dossi fluviali allungati e più o meno sinuosi e zone depresse interalvee.

Altri elementi molto importanti nel modellamento del territorio sono le strutture tettoniche. Infatti, questa regione risulta estremamente attiva dal punto di vista tettonico (cfr. Dorsale Ferrarese); attività che ha fortemente condizionato la dinamica fluviale quaternaria.

Sempre sotto il profilo morfologico l'area in esame è da considerarsi integralmente antropizzata. Infatti, nei secoli, la comunità umana ha compiuto continue modifiche al territorio per renderlo compatibile all'insediamento e all'utilizzo agricolo. L'aspetto più evidente di tale attività è la suddivisione del territorio attraverso una rete di collettori artificiali, pressoché ortogonali tra di loro, che consentono a periodi alterni lo scolo e la distribuzione irrigua delle acque. Questa rete, in relazione al prevalere di depositi superficiali a bassa permeabilità e alla morfologia pianeggiante della zona, risulta essere molto sviluppata.

Esigenze antropiche hanno portato all'edificazione di argini artificiali a fianco dei corsi d'acqua: sia del fiume Po, che dei torrenti appenninici, che dei principali canali. Detti argini, per le aree di pianura extragolenali, hanno provocato una sorta di congelamento dello stato di fatto morfologico antecedente la loro realizzazione (con eccezione di quanto possa derivare dall'attività antropica), mentre l'attività morfodinamica fluviale resta attiva all'interno delle golene.

Le diverse forme naturali rilevate nel territorio in esame appaiono strettamente correlate alle caratteristiche litologiche dei depositi che le costituiscono; tanto che, si può parlare di vere e proprie unità morfolitologiche.

Le tracce di argini prossimali e di ventagli di rotta dei percorsi fluviali, attuali e antichi, sono associabili ai depositi più grossolani, prevalentemente sabbiosi. Allontanandosi da essi si individuano sedimenti sempre più fini: a dominanza limosa, in corrispondenza degli argini distali, e argillosa nelle aree interfluviali.

Nella Carta Geolitologica di pianura dell'Emilia-Romagna (Figura 4), infatti, si possono apprezzare nella zona di studio depositi di limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e limi argillosi laminati.

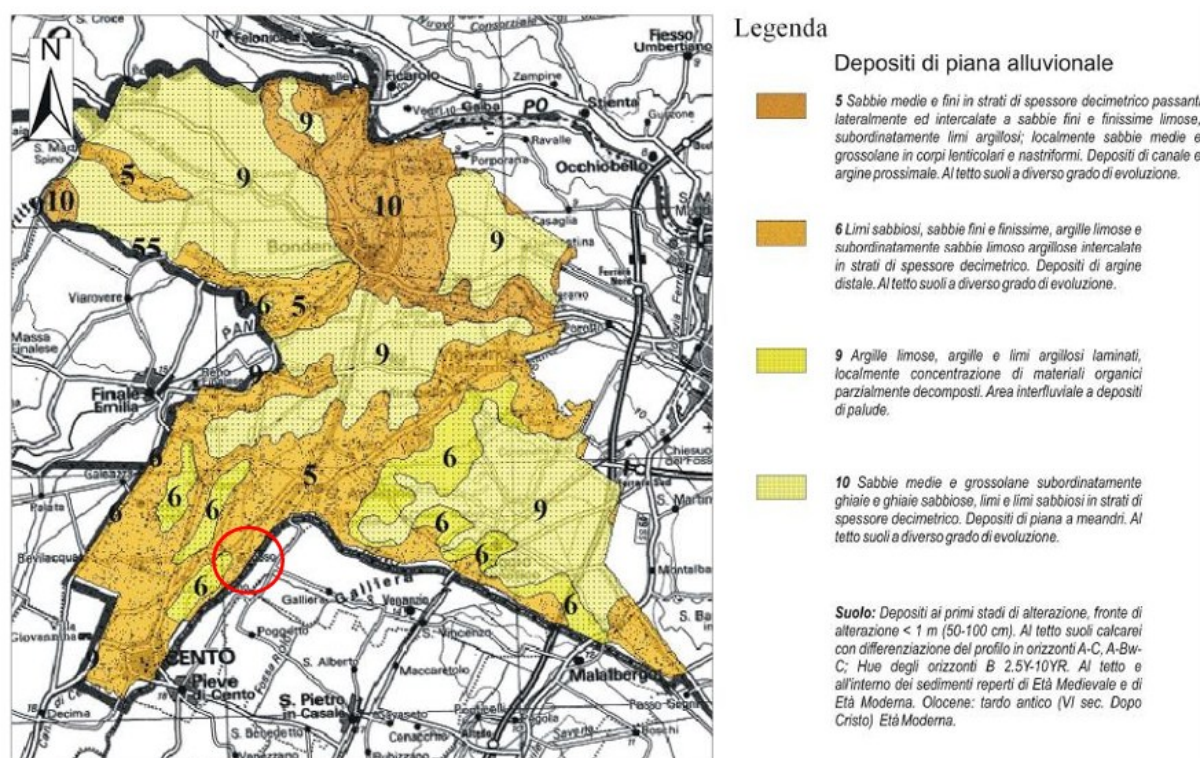


Figura 4 – Carta Geologica di pianura dell'Emilia Romagna – Comuni dell'alto Ferrarese – scala 1:250000 (Regione Emilia Romagna – Edizione 1999)

Come noto, la pianura alluvionale emiliano-romagnola è interessata da diffusi fenomeni di abbassamento del suolo, di origine in parte naturale. La costante subsidenza naturale ha permesso infatti l'accumulo di potenti successioni quaternarie, con tassi lateralmente fortemente variabili indotti sia dalla subsidenza di origine tettonica che dal graduale costipamento delle potenti successioni quaternarie, associata alla lenta espulsione di fluidi, come acqua e metano biogenico. La subsidenza naturale è stata nell'ultimo secolo fortemente accelerata da alterazioni antropiche, quali bonifiche idrauliche e, soprattutto, forti pompaggi dai corpi acquiferi sotterranei. Tali abbassamenti del suolo, inoltre, a causa delle basse pendenze, hanno ostacolato il deflusso delle acque superficiali, provocando diversi problemi nel corretto funzionamento della rete scolante gestita dai Consorzi di Bonifica. La fascia in cui ricade il territorio in esame, è soggetta ad un abbassamento naturale del suolo dell'ordine del metro al millennio, a cui si è sovrapposto, nel periodo tra gli anni '60 e '70, una componente "artificiale", legata all'estrazione di fluidi dal sottosuolo. Il territorio non registra comunque tassi di subsidenza molto elevati.

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il territorio in esame, facente capo all'Autorità Distrettuale del Fiume Po, è incluso nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po relativo all'ex Autorità di bacino del Fiume Po. Il bacino idrografico del Po interessa il territorio di Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Emilia-Romagna, Toscana, Lombardia, Provincia Autonoma di Trento, Marche, Veneto e si estende anche a porzioni di territorio francese e svizzero.

Nel territorio regionale sono individuabili complessivamente 47 bacini idrografici, tributari del fiume Po o del mare Adriatico, drenanti areali imbriferi di almeno 10 Km². Di essi, 22 si immettono nel fiume Po e interessano essenzialmente le province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia e Modena, i restanti 25, riferibili sostanzialmente alle province di Bologna, Ferrara e alle province della Romagna, sfociano direttamente in Adriatico. Sono presenti, inoltre, 2 piccoli areali relativi a corsi d'acqua essenzialmente extraregionali, appartenenti ai bacini del Tevere e del Foglia.

Il territorio dove ricadono le opere in progetto appartiene alla pianura ferrarese del fiume Po, mentre il sistema dei canali interni al territorio ferrarese è ricompreso quasi interamente nel bacino idrografico Burana-Volano-Canal Bianco, in cui le acque trovano recapito a mare nel tratto costiero compreso fra la foce del Po di Goro e la foce del Reno (escluse dette foci). Un bacino idrografico in un territorio pianeggiante viene definito sulla base del sistema di convogliamento delle acque di scolo in condizioni ordinarie, ossia di normale piovosità e con la sistemazione più frequente delle chiaviche. Il Bacino Burana Volano oltre a comprendere il territorio provinciale di Ferrara, include anche alcune aree adiacenti al Reno che ricadono nelle province di Ravenna e Bologna. L'acqua irrigua che alimenta i territori del Bacino Burana-Volano viene derivata per gravità quasi interamente dal Fiume Po, nel periodo che va da maggio a settembre, quando i livelli idrometrici sono sufficientemente alti; in caso contrario si ricorre a pompe idrovore, da alcuni punti di prelievo distribuiti nell'area ferrarese.

Il bacino idrografico Burana-Po di Volano può essere suddiviso dal punto di vista idraulico in tre sistemi principali:

- 1) Sistema delle acque esterne, tra cui Fiume Po Grande a nord e Fiume Reno a sud;
- 2) Sistema delle acque interne – il reticolo principale, tra cui il Canale di Burana ed il suo prolungamento oltre il Panaro cioè il Canale Emissario di Burana ed il Po di Volano.

Nei pressi di Ferrara il Canale di Burana assume la denominazione di Po di Volano e riceve le acque dal Canale Boicelli. Un ulteriore apporto in ingresso alla rete, esclusivamente per gravità, è quello fornito dal ramo cieco del Po di Primaro, che raccoglie in

sponda sinistra le acque di parte dei territori del Consorzio della Bonifica Valli di Vecchio Reno e le scarica nel Po di Volano.

- 3) Sistema delle acque interne – il reticolo minore, rappresentato dal reticolo idrografico di bonifica (di competenza dei Consorzi di Bonifica), costituito dalla restante parte dei canali interni preposti sia allo scolo che alla irrigazione, in prevalenza connessi con il sistema del reticolo principale del bacino.

Un tempo caratterizzato dal predominio delle valli e paludi, il territorio del bacino Burana Volano è oggi interamente soggetto alla bonifica; infatti la rete idrografica nell'Alto Ferrarese è caratterizzata da alcuni canali di bonifica principali, da una serie di scoli minori e da numerosi canali irrigui dei vari appezzamenti di terreno. I bacini di scolo sono organizzati secondo una gerarchia che li suddivide secondo tre ordini di afferenza, cioè: bacino principale (ordine 1), sottobacino di primo livello (ordine 2), sottobacino di secondo livello (ordine 3). Le acque di tutti i bacini di scolo vengono infine convogliate in una serie di vettori idraulici esterni alla bonifica, che costituiscono gli elementi di ordine 0 del sistema e sono il Canale Emissario di Burana, il Po di Volano ed il Po di Primaro. Il sistema di canali interni in cui convogliano le acque di derivazione fluviale è utilizzato per scopi irrigui, nell'industria e nella navigazione interna. L'apporto di acqua alla rete idraulica svolge alcune funzioni fondamentali di tutela ambientale, come: alimentare la falda freatica con conseguente abbassamento del cuneo salino, assicurare una notevole diluizione degli inquinanti, ridurre fenomeni che potrebbero indurre subsidenza e garantire il "deflusso minimo vitale" necessario per il mantenimento delle caratteristiche biologiche. Per l'area in esame la regolazione dei deflussi idrici è di competenza del Consorzio di Bonifica Renana ex Consorzio di Bonifica Valli del Vecchio Reno.

L'opera in progetto ricade all'interno del Bacino principale di scolo "Cembalina", che interessa tutto il settore della provincia compreso tra S.Agostino, Mirabello, Vigarano Mainarda, Chiesuol del Fosso, San Martino, Montalbano e Gallo, le cui acque sono raccolte dallo Scolo Principale Superiore o Scolo Aldrovandi e convogliate poi dalla Fossa Cembalina che le conferisce a gravità al Po di Primaro;

Per quanto riguarda più strettamente il territorio del Comune di Terre del Reno, si evidenzia come il principale corso d'acqua sia costituito dal Fiume Reno, che ne definisce il confine comunale più a sud. Il Canale scolmatore del Reno chiamato "Cavo Napoleonico", che collega il fiume Reno al Fiume Po, scorre, invece, a Ovest-Nord Ovest del territorio di Terre del Reno.



Figura 5 – Idrografia Terre del Reno – Emilia Romagna

Gli acquiferi della pianura emiliano – romagnola sono costituiti principalmente dai depositi di origine alluvionale presenti nella porzione più superficiale della pianura, per uno spessore di circa 400-500 m e, in minima parte, da depositi marino marginali. La distribuzione di questi corpi sedimentari nel sottosuolo è schematicamente rappresentata nella sezione di Figura 5 che attraversa tutta la pianura da Sud a Nord, ovvero dal margine appenninico, che separa gli acquiferi montani da quelli di pianura, al Fiume Po.

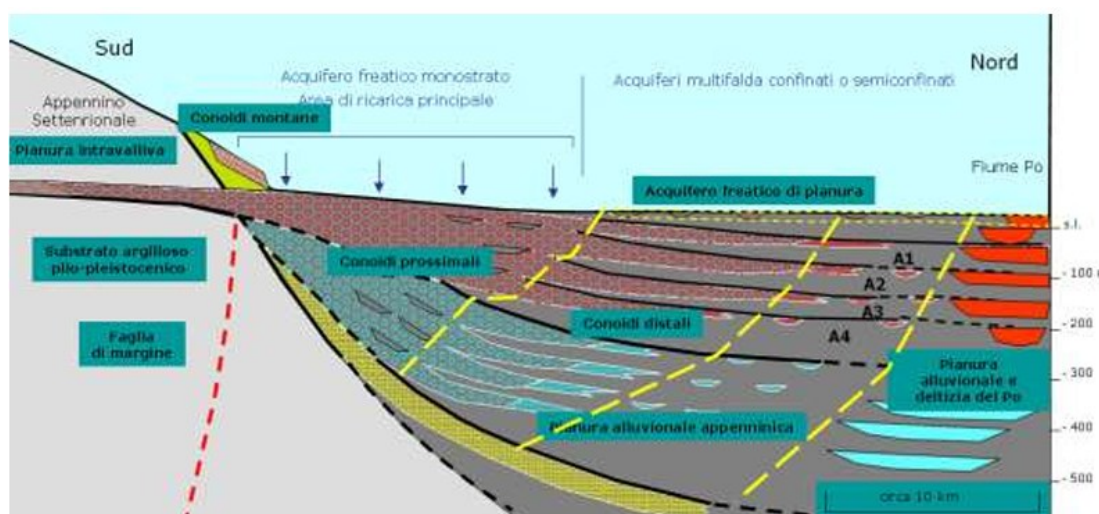


Figura 6 – Sezione Geologica schematica

Procedendo quindi dal margine verso nord, si trovano nell'ordine: le conoidi alluvionali, la pianura alluvionale appenninica e la pianura alluvionale e deltizia del Po. Le conoidi alluvionali sono formate dai sedimenti che i fiumi depositano all'uscita dalla valle, dove il corso d'acqua non è più confinato lateralmente e vi è una brusca diminuzione della pendenza topografica. Nella porzione più vicina al margine (conoidi prossimali), allo sbocco del fiume nella pianura, prevalgono le ghiaie grossolane e frequentemente affioranti, che proseguono nel sottosuolo con spessori anche di alcune centinaia di metri, mentre i depositi fini sono rari e discontinui; procedendo verso la pianura aumenta invece la presenza di depositi fini che si alternano a quelli ghiaiosi (qui sepolti) in corpi tabulari molto estesi (conoidi distali). E' interessante notare che, in generale, le ghiaie delle conoidi sono tanto più abbondanti e grossolane quanto maggiori sono le dimensioni del bacino imbrifero e quanto maggiore è la presenza di formazioni geologiche facilmente erodibili dal fiume (come i calcari) che sgretolandosi danno origine alle ghiaie in questione. Dal punto di vista idrogeologico le conoidi alluvionali, con i loro depositi molto permeabili e molto spessi, sono i principali acquiferi della pianura emiliano – romagnola. In particolare, le conoidi prossimali sono sede di un esteso acquifero freatico ricaricato direttamente dalle acque superficiali dei fiumi e dalle piogge, mentre le conoidi distali costituiscono un complesso sistema di acquiferi multistrato con falde confinate e semiconfinate.

La pianura alluvionale appenninica è caratterizzata da una pendenza topografica inferiore ed è formata dai sedimenti fini trasportati dai fiumi appenninici a distanze maggiori, costituiti da alternanze di limi più o meno argillosi, argille e sabbie limose. Essa inizia laddove i corpi ghiaiosi si chiudono e passano lateralmente a sabbie, presenti come singoli corpi nastriformi di pochi metri di spessore, che rappresentano i depositi di riempimento di canale e di argine proximale. Talvolta si ritrovano degli orizzonti argillosi molto ricchi di sostanza organica che testimoniano il succedersi degli eventi di trasgressione marina che hanno interessato la zona costiera dell'Emilia-Romagna durante il Pleistocene e che costituiscono dei veri e propri livelli guida. Dal punto di vista idrogeologico i rari e discontinui depositi sabbiosi della pianura alluvionale appenninica, costituiscono degli acquiferi di scarso interesse, anche perché la loro ricarica è decisamente scarsa e deriva unicamente dall'acqua che, infiltratasi nelle zone di ricarica delle conoidi, riesce molto lentamente a fluire sino alla pianura.

Procedendo verso nord si passa alla pianura alluvionale e deltizia del Fiume Po, costituita dall'alternanza di corpi sabbiosi molto estesi e sedimenti fini. Le sabbie derivano dalla sedimentazione del Fiume Po e sono presenti in strati amalgamati tra loro a formare livelli spessi anche alcune decine di metri ed estesi per svariati chilometri. Nella parte occidentale della Regione questi depositi hanno sempre un'origine alluvionale, mentre verso est rappresentano i diversi apparati deltizi che il Po ha sviluppato nel corso del Pleistocene. I sedimenti fini che si

alternano a questi strati sabbiosi sono formati da limi più o meno argillosi, argille, sabbie limose e più raramente sabbie. Anche nella pianura alluvionale del Po ci sono presenti dei depositi argillosi ricchi in sostanza organica che fungono da livelli guida. Dal punto di vista idrogeologico i depositi della pianura alluvionale e deltizia del Po costituiscono degli acquiferi confinati molto permeabili e molto estesi e dunque molto importanti. Il più superficiale di questi è in contatto diretto col fiume, da cui viene ricaricato, mentre quelli più profondi ricevono una ricarica remota che viene in parte dallo stesso Po (da zone esterne alla Regione Emilia-Romagna) e in parte dalle zone di ricarica appenniniche ed alpine, poste rispettivamente molto più a sud e a nord. Al di sopra dei depositi descritti, fatto salvo per le conoidi prossimali dove le ghiaie sono affioranti, si trova l'acquifero freatico di pianura, un sottile livello di sedimenti prevalentemente fini che prosegue verso nord su tutta la pianura. Si tratta dei depositi di canale fluviale, argine e pianura inondabile in diretto contatto con i corsi d'acqua superficiali e con gli ecosistemi che da esse dipendono, oltre che con tutte le attività antropiche. Data la litologia prevalentemente fine e lo spessore modesto (nell'ordine dei 10 m), l'acquifero freatico di pianura riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale. E' invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici. Gli acquiferi presenti nelle zone intravallive sono i terrazzi alluvionali risultanti dall'azione erosiva dei corsi d'acqua, che generalmente hanno una topografia pianeggiante e sono costituiti da ghiaie e sabbie di canale fluviale, sovrastate da sottili spessori di materiali più fini pedogenizzati. Si tratta di acquiferi freatici molto sottili, alimentati dalle piogge locali, dai canali e dal drenaggio dei versanti adiacenti. Tra gli acquiferi di pianura e quelli di montagna, si trova la zona del margine appenninico, formato da depositi ghiaiosi coperti da sedimenti fini pedogenizzati (conoidi montane) che, in una breve distanza verso la pianura, passano da spessori sottili a spessori anche molto considerevoli a formare le conoidi alluvionali precedentemente descritte. Al di sotto di questi depositi ghiaiosi si trovano le sabbie costiere attribuibili all'ultimo episodio della sedimentazione marina nell'Appennino e che proseguono fino alle porzioni più distali della pianura (Sabbie Gialle).

Dalla carta della falda ipodermica dei suoli della pianura dell'Emilia-Romagna si evince che la falda nei territori in esame si trova a profondità comprese fra 61 cm e 3,00 m.

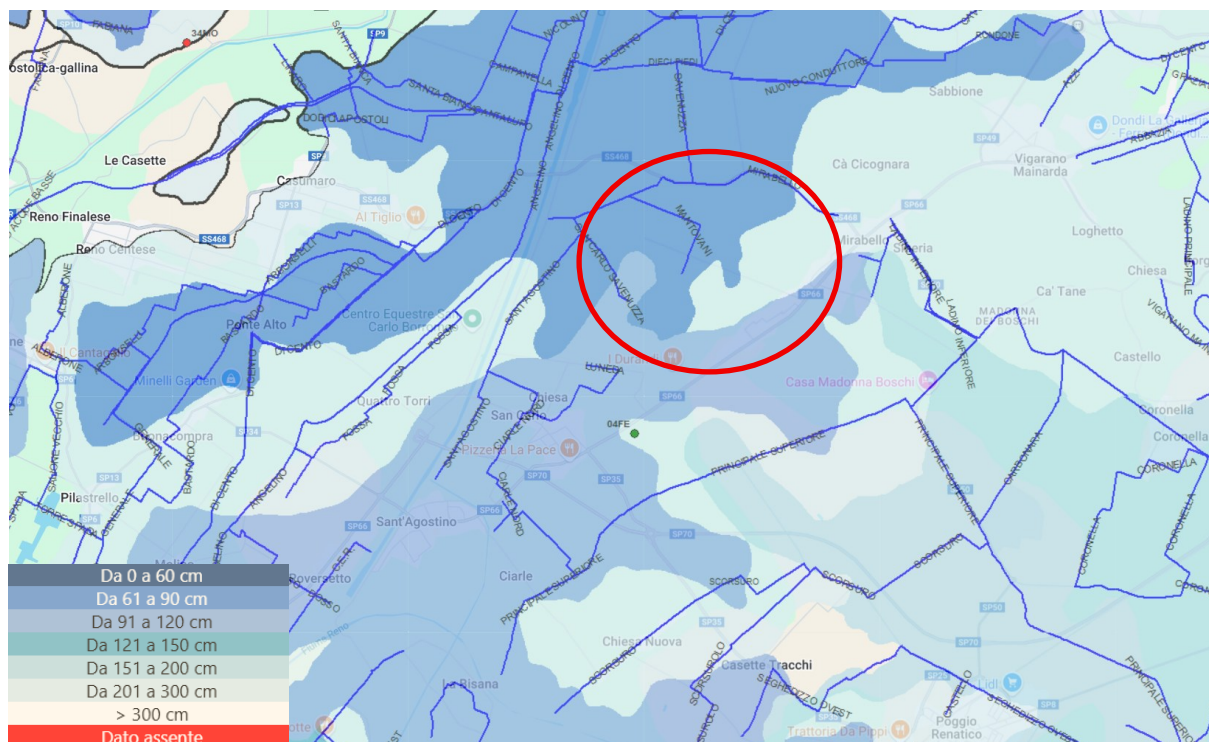


Figura 7 – Estratto Carta della Falda ipodermica nei suoli della pianura dell'Emilia-Romagna - Profondità rilevata dalla rete regionale di monitoraggio

Alla data di esecuzione della presente indagine (23/04/2025) la falda non è stata rilevata.

4.1 Idrografia

Nella zona dove è presente l'impianto, il corso d'acqua di maggiore importanza è il Fiume Reno che si trova 7 km a Sud del sito. A Ovest si trova lo scolmatore del Reno, che collega il Fiume Reno con il Fiume Po, chiamato Cavo Napoleonico.

Più a Nord, invece, si trovano lo Scolo Mirabello, lo Scolo Canalazzo Superiore e il Fosso Mantovani che scorrono a Nord della zona interessata dall'impianto; A Est, invece, troviamo lo Scolo San Carlo e lo Scolo S. Agostino.



Figura 8 – Idrografia Terre del Reno – Emilia Romagna