



RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE E DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

REALIZZAZIONE DEL POTENZIAMENTO DELLE LINEE 132 kV

BONDENO – FERRARA CASSANA

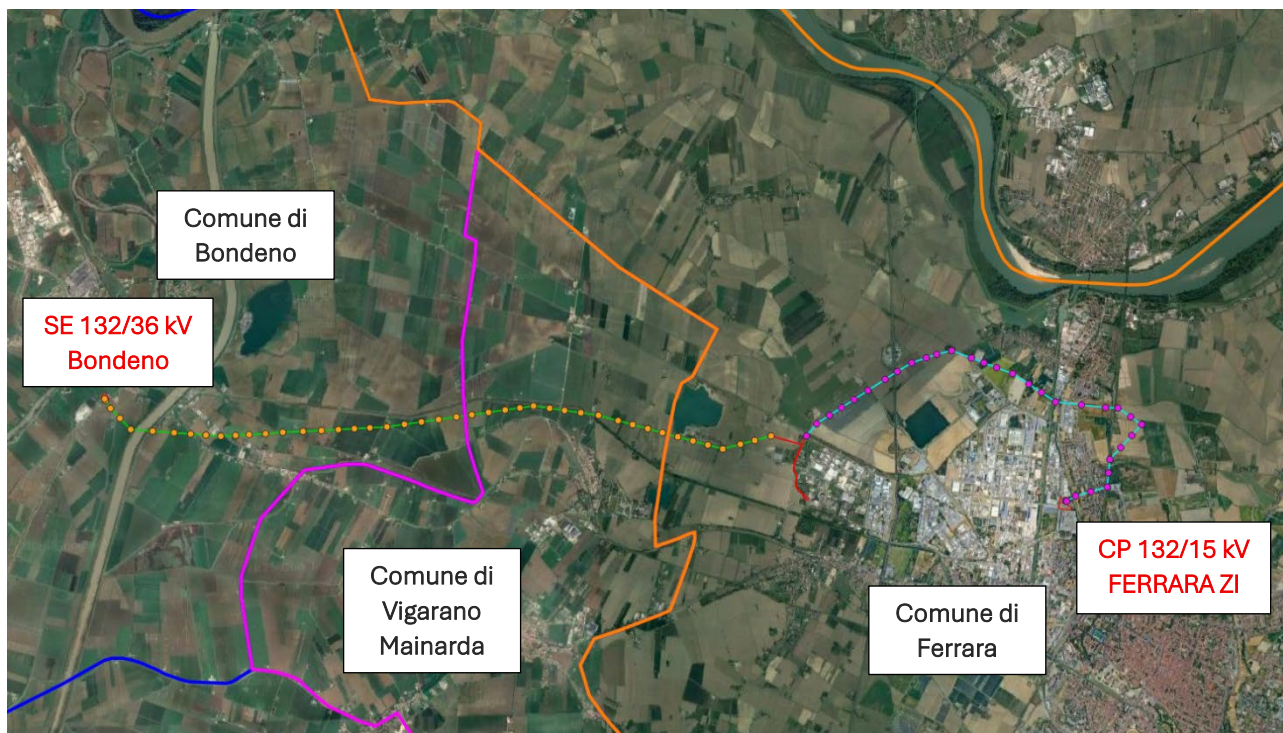
FERRARA CASSANA – FERRARA ZI

00	17/07/2025	Prima emissione	MZ	RM	RC
REV	DATA	DESCRIZIONE	BY	CHK	APP

INDICE

COMUNI DI BONDENO (FE), VIGARANO MAINARDA (FE) e FERRARA (FE)	3
1 PREMESSA	4
2 GEOLOGIA.....	5
2.1 Inquadramento geologico generale	5
2.2 Geologia e stratigrafia dell'area di studio	12
2.3 Geomorfologia e idrografia superficiale.....	13
2.4 Idrogeologia	16
3 SISIMICITÀ	28
3.1 Sismicità storica	28
3.2 Sorgenti Sismogenetiche	36
3.3 Pericolosità sismica di base	39
4 COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA (P.A.I. e P.G.R.A.)	42
4.1 Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.)	43
4.2 Piano di gestione del rischio delle alluvioni (P.G.R.A.).....	45
CONCLUSIONI	50
5 BIBLIOGRAFIA	54

COMUNI DI BONDENO (FE), VIGARANO MAINARDA (FE) e FERRARA (FE)



1 PREMESSA

Il progetto di cui tratta la presente Relazione Geologica preliminare e di compatibilità idrogeologica è relativo al potenziamento di due elettrodotti da 132 kV, già esistenti, facenti parte rispettivamente della linea “Bondeno – Ferrara Cassana” e “Ferrara Cassana – Ferrara ZI”.

L’Opera è ubicata, da Ovest ad Est, nei Comuni di Bondeno (FE), Vigarano Mainarda (FE) e Ferrara (FE), così come riportato nella Tavola di Inquadramento CTR, alla scala 1:2.000, Tavola n. 1024-PRF-D07-00 prodotta ed allegata unitamente alla restante documentazione. L’Opera in oggetto verrà realizzata nell’ambito del progetto di connessione a 36 kV dell’impianto agrivoltaico della società DELTA GEMINI Srl alla futura Stazione Elettrica RTN 132/36 kV Bondeno (CP 202405416).

Lo studio oggetto della presente relazione è inerente esclusivamente al potenziamento degli elettrodotti RTN a 132 kV “Bondeno – Ferrara Cassana” e “Ferrara Cassana – Ferrara ZI”, prevista da STMG (CP 202405416) con target di portata estiva minima di 700 A.

Secondo quanto previsto dal DLgs 387/2003 e ss.mm.ii la Società DELTA GEMINI Srl, nell’ambito di capofila ha sviluppato ed intende portare in autorizzazione le suddette opere RTN. Il progetto sarà inoltre reso disponibile per tutte quelle iniziative di produzione la cui STMG in futuro prevederà le medesime opere RTN per la connessione. L’iniziativa di produzione connessa alla presente stazione sarà collegata alla RTN al livello di tensione 36 kV, a sua volta connesso alla rete 132 kV.

Il potenziamento delle linee 132 kV “Bondeno – Ferrara Cassana” e “Ferrara Cassana – Ferrara ZI” prevede la sostituzione dei conduttori esistenti, del tipo ACSR $\varnothing 22,8$ mm, con conduttori speciali $\varnothing 22,75$ mm, composti da corde in lega di alluminio (ZTAL) ricoperta da una lega di Fe-Ni rivestita da alluminio (ACI), aventi caratteristiche di portata superiore a quella in esercizio.

La presente Relazione Geologica pertanto costituisce parte integrante della documentazione inerente alla procedura autorizzativa per la realizzazione delle già menzionate Opere di rete.

La cartografia prodotta per la valutazione della compatibilità idrogeologica, ovvero lo stralcio dalla Carta delle Fasce Fluviali del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), Tavola n. 1024-PRF-D16, lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica, Tavola n. 1024-PRF-D10, Fogli 1-28, e lo stralcio della Carta del Rischio Idraulico, Tavola n. 1024-PRF-D10,

Fogli 29-35, tratte dal P.G.R.A., alla scala 1:10.000, è allegata alla restante documentazione prodotta relativa alla summenzionata procedura autorizzativa.

2 GEOLOGIA

Le indagini preliminari svolte per il presente lavoro, finalizzate a delineare in modo accurato le caratteristiche geologiche generali dell'area in esame, si sono concentrate principalmente sull'analisi dei dati bibliografici e cartografici disponibili, relativi all'assetto geo-litologico-stratigrafico del territorio investigato.

2.1 Inquadramento geologico generale

L'area oggetto dell'indagine è localizzata nel Comune di Bondeno (Provincia di Ferrara), inserita nel contesto geografico della Pianura emiliano-romagnola, segmento orientale della più ampia Pianura Padana. Quest'ultima è delimitata, nel settore settentrionale, dal corso principale del fiume Po. Dal punto di vista geologico-stratigrafico, la pianura padana rappresenta il risultato del progressivo riempimento sedimentario del Bacino Padano, un'ampia depressione interposta tra le catene montuose alpine a nord e il sistema appenninico a sud. Tale processo ha avuto inizio nel Pliocene, con la deposizione continua di sedimenti di origine fluvio-lacustre e marina.



Figura 2-1 – Ubicazione geografica del sito in progetto (Google Earth)

L'area compresa tra la dorsale dell'Appennino settentrionale e il tracciato del fiume Po si inserisce nella Microplacca Adriatica, secondo una suddivisione tettonico-strutturale consolidata in letteratura (Pieri & Groppi, 1981; Cerrina Feroni et al., 2002; Farabegoli et al., 2004), che identifica tre principali domini morfostrutturali:

- Appennino esposto, ovvero la porzione orografica affiorante, al di sopra del livello marino medio;
- Appennino sepolto, coperto da potenti coltri sedimentarie appartenenti alla Pianura Padana e al margine nord-occidentale dell'Adriatico;
- Avampaese Appennino-Dinarico, un'area debolmente deformata, esterna al fronte appenninico attivo.

L'evoluzione tettonica dell'Appennino Settentrionale evidenzia un quadro geodinamico complesso, caratterizzato da una fase di intenso raccorciamento crostale sviluppatasi durante il Plio-Pleistocene nelle porzioni più esterne della catena. Al contrario, le aree più interne mostrano segnali di distensione crostale, fenomeno confermato dai meccanismi focali associati a eventi sismici recenti (Figura 2-2).

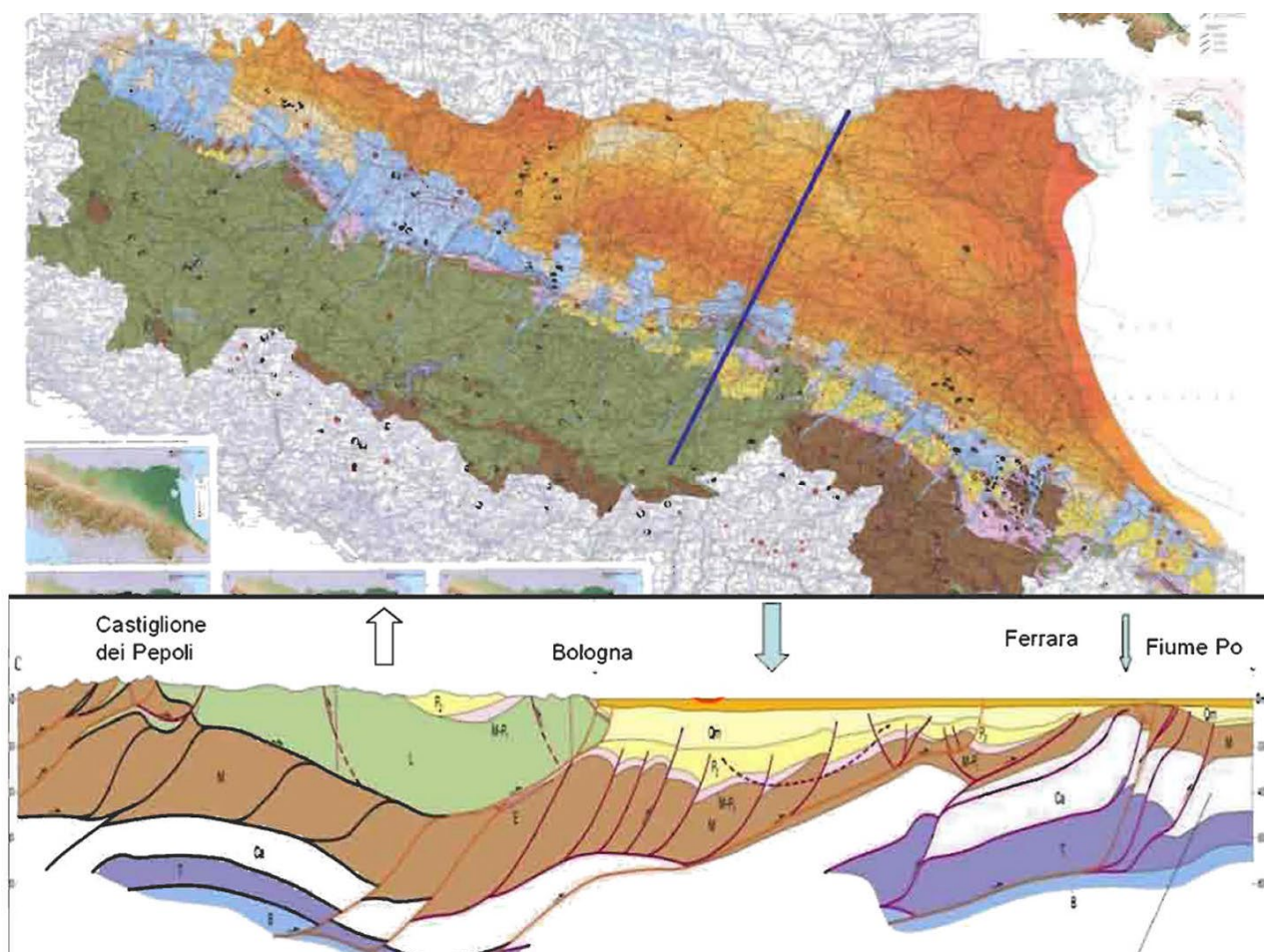


Figura 2-2 - Sezione geologico-strutturale della Pianura Padana ottenuta da dati di superficie e di sottosuolo (da Severi, 2012)

Per quanto riguarda la configurazione strutturale delle successioni sepolte di età pre-pleistocenica presenti nel sottosuolo della Pianura Padana, numerosi profili di sismica a riflessione acquisiti nell'ambito della ricerca di idrocarburi hanno consentito di individuare una complessa serie di pieghe e sovrascorrimenti, caratterizzati da geometrie arcuate e con vergenza prevalentemente orientata verso Nord – Nord-Est (Bigi et al., 1990; Boccaletti et al., 2004; Cerrina Feroni et al., 2002; Pieri & Groppi, 1975, 1981).

A una scala più dettagliata, all'interno del fronte più esterno della catena appenninica si possono riconoscere due principali archi strutturali, con concavità rivolta verso il margine appenninico (Pieri & Groppi, 1975), denominati rispettivamente “Arco delle Pieghe Emiliane”, situato a Ovest, e “Arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole”, localizzato a Est (Figura 2-3).

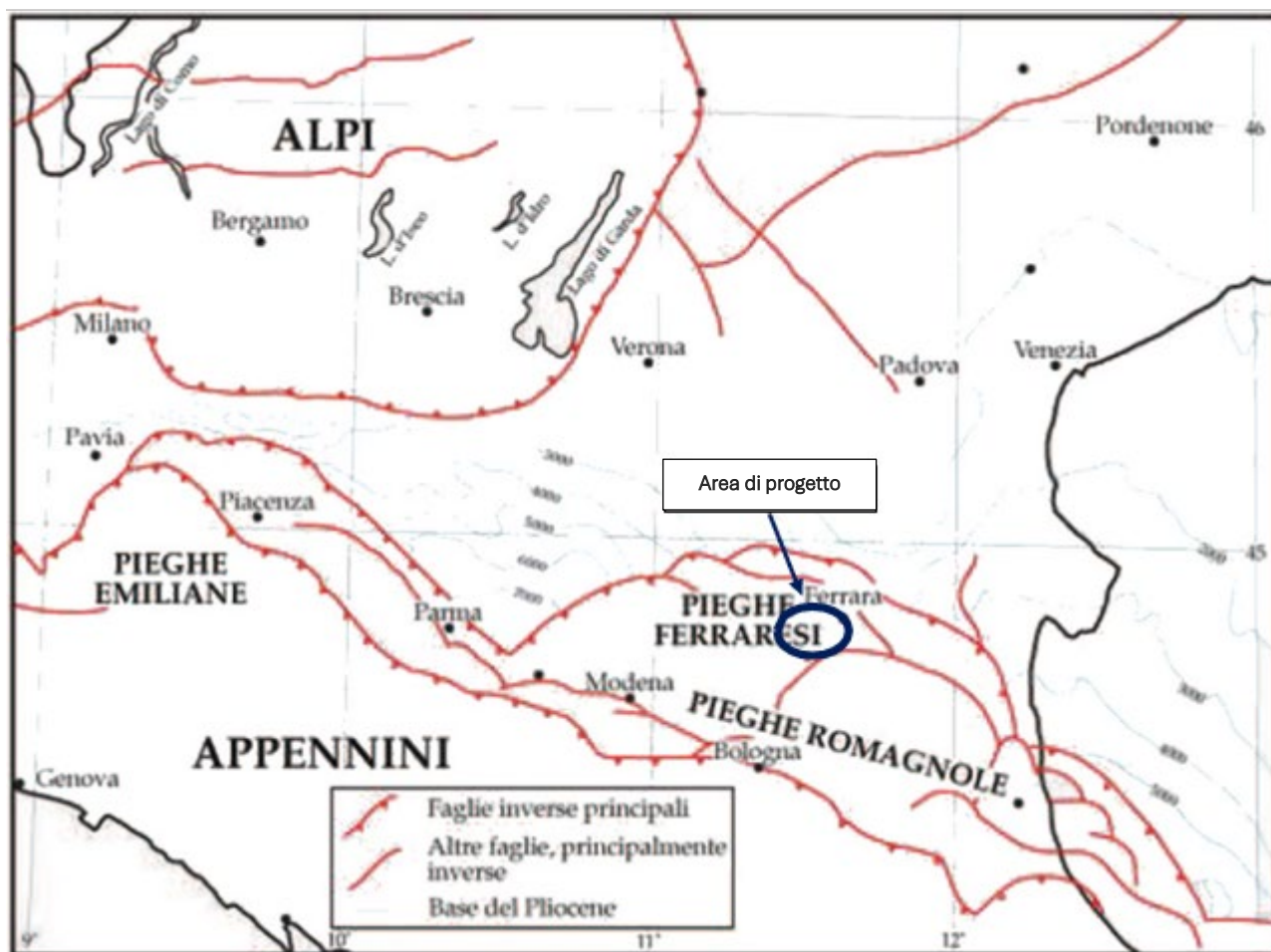


Figura 2-3 - Carta strutturale semplificata della Pianura Padana ottenuta da dati di superficie e di sottosuolo (da Pieri & Groppi, 1975). Modificata da Burrato et al., (2003)

L'area oggetto dell'analisi è situata in corrispondenza di un'elevazione anticlinale, delimitata a nord e a sud da strutture sinclinali. Questi elementi strutturali risultano chiaramente riconoscibili nei profili di sismica a riflessione acquisiti negli anni '50 dalla Società Petrolifera Italiana (attualmente ENI-AGIP), e sono stati oggetto di successive interpretazioni geologiche riportate in numerose pubblicazioni (ad esempio Bigi et al., 1990; Boccaletti et al., 2004; Cerrina Feroni et al., 2002; Corrado et al., 2010; Pieri & Groppi, 1981; Toscani et al., 2009).

La stratigrafia dei depositi plio-quadernari risente della deformazione generata dalle fasce di sovrascorrimenti sepolti, con conseguente variazione di spessore: i sedimenti risultano più spessi nelle depressioni strutturali e si assottigliano sulle anticlinali sommitali (Correggiari et al., 1992; Amorosi et al., 1997a,b; Di Dio & Caporale, 1998; Di Dio & Molinari, 2000). Gran parte di questi depositi affioranti nella Pianura emiliano-romagnola sono di età olocenica,

con un'estensione temporale inferiore ai 10.000 anni, e molti si sono accumulati negli ultimi duemila anni, successivamente alla fine dell'Impero Romano.

Questi sedimenti rappresentano il risultato dell'interazione dinamica tra il fiume Po, posizionato a nord, i corsi d'acqua provenienti dall'Appennino a sud e il Mare Adriatico a est. Di conseguenza, la Pianura emiliano-romagnola è caratterizzata da un ampio spettro di depositi, quali conoidi e piane alluvionali fluviali appenniniche, la vasta piana a meandri del Po, la piana costiera, nonché il delta e le sue estensioni deltizie.

La configurazione attuale della pianura è il frutto di un lungo percorso geologico regionale. Il sollevamento progressivo delle catene alpine e appenniniche, conseguenza delle spinte tettoniche alla base della loro formazione, ha determinato il ritiro del mare dall'antico Golfo Padano. Questo bacino marino, ormai completamente colmato, è stato gradualmente riempito dai sedimenti fluviali a partire da circa 600.000 anni fa, fino a formare l'attuale estensione della pianura alluvionale.

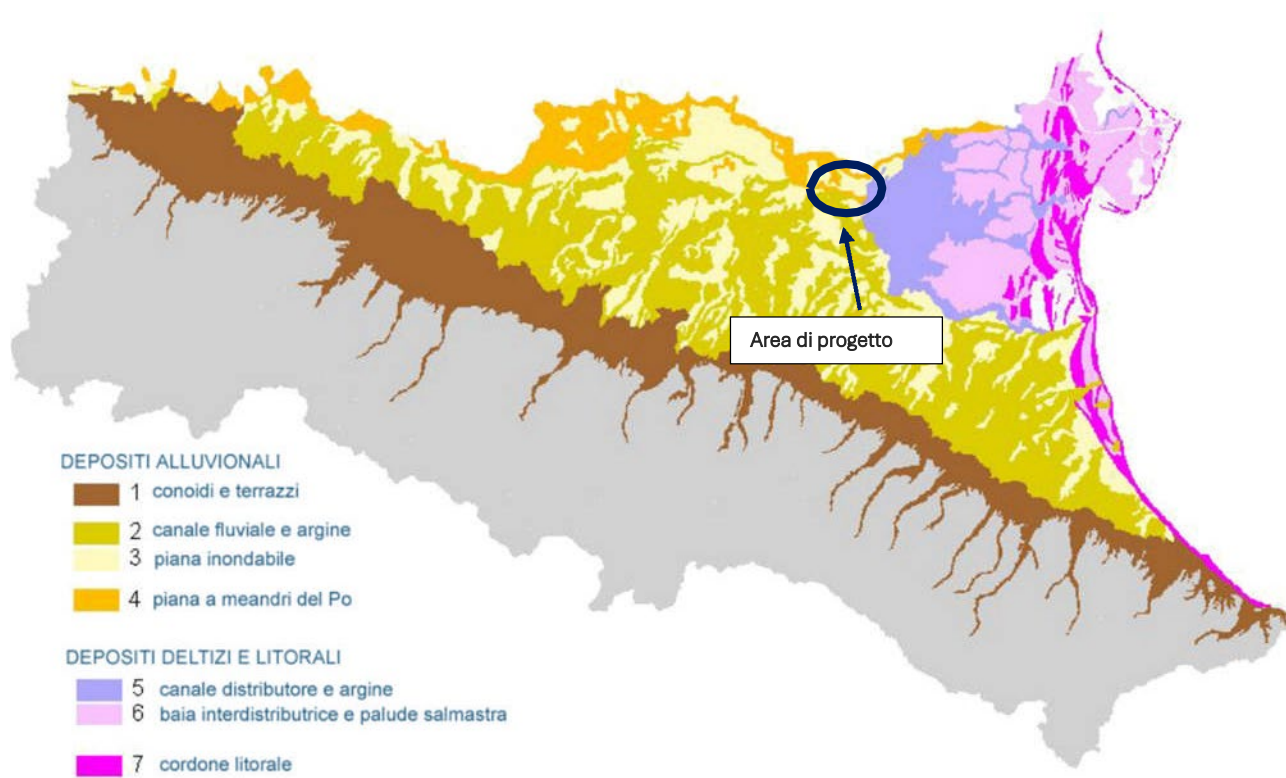


Figura 2-4 - Ambienti deposizionali della Pianura emiliano-romagnola (Regione Emilia Romagna)

Anche i fattori climatici e le variazioni del livello del mare hanno svolto un ruolo cruciale nell'evoluzione della Pianura Padana. L'alternarsi di fasi climatiche calde e fredde, di periodi con condizioni umide e aride, unitamente ai cicli di innalzamento e abbassamento marino che hanno interessato l'intero Quaternario, hanno influenzato profondamente la quantità di

sedimenti trasportati dai corsi d'acqua, nonché lo sviluppo dei sistemi deltizi e delle linee di costa. La composizione e la distribuzione stratigrafica dei sedimenti che costituiscono il sottosuolo della pianura rispecchiano quindi questi importanti eventi geologici.

Il bacino sedimentario padano presenta una storia geologica complessa e di lunga durata. Non sono disponibili dati diretti relativi al basamento e ai depositi antecedenti il Norico, in quanto nessuna perforazione ha raggiunto formazioni più antiche della Dolomia Principale. Tuttavia, si presume che l'ambiente deposizionale fosse analogo, e probabilmente condiviso, con quello del Dominio Subalpino.

La successione sedimentaria esaminata prende avvio nel Permiano-Triassico inferiore, con la deposizione di sedimenti marini sopra il basamento ercinico. Questi depositi sono stati poi sovrastati da sedimenti di piattaforma e bacino intra-piattaforma, riconducibili al dominio geologico della Placca Apulo-Adriatica, caratterizzato principalmente da rocce carbonatiche che si estendono dal Triassico fino al Paleogene.

Successivamente, questa sequenza è stata ricoperta da rocce terrigene, prevalentemente di tipo flyschoidi, accumulate in un contesto sin-orogenico all'interno dell'avanfossa associata all'orogenesi appenninica nella parte meridionale del bacino e a quella alpina nella parte settentrionale.

I sedimenti più antichi intercettati dai sondaggi nella parte orientale della Pianura Padana risalgono al Norico, rappresentati dalla Dolomia Principale. Durante il Lias, la sedimentazione evidenzia una netta differenziazione tra il dominio Subalpino occidentale e quello orientale: a ovest si sviluppano calcari di piattaforma carbonatica aperta, mentre a est predominano ambienti bacinali. Tale distinzione si mantiene anche nel Giurassico e nel Cretacico inferiore, con la piattaforma carbonatica ancora presente a ovest e una sedimentazione sempre più profonda a est.

Nel Malm, il bacino raggiunge la sua massima profondità, come dimostrato dalla presenza di radiolariti seguite da calcari con noduli di selce. Durante il Cretacico, la piattaforma occidentale subisce un'emersione che comporta fenomeni di erosione e carsificazione. Sopra queste superfici erosive si depositano sedimenti terziari, inizialmente carbonatici (Scaglia calcarea), che verso la fine dell'Eocene sono progressivamente sostituiti da depositi clastici terrigeni.

Questo passaggio segna una rilevante trasformazione del regime deposizionale: si passa da un ambiente prevalentemente carbonatico e pelagico, privo di apporti terrigeni, a una sedimentazione clastica caratterizzata da potenti formazioni di torbiditi arenacee che

compaiono inizialmente nelle aree occidentali per poi estendersi verso est. Nonostante tali depositi ricevano alimentazione laterale da rilievi distanti, la loro distribuzione è tipica di un contesto di avanfossa legato alla progressione dell'orogenesi appenninica.

Nel Paleocene e nel Miocene medio-superiore, la sedimentazione è dominata da litotipi terrigeni di composizione arenaceo-argillosa. In particolare, nel Miocene medio-superiore, si osserva la deposizione della Formazione Marnoso-Arenacea, caratterizzata da spessori considerevoli e da una prevalenza di sabbie organizzate in potenti bancate, depositate in un ambiente marino di avanfossa.

Durante il Miocene, l'attività tettonica associata alla fase Neoalpina, responsabile della formazione della catena appenninica, ha avuto un impatto significativo sui processi sedimentari del bacino.

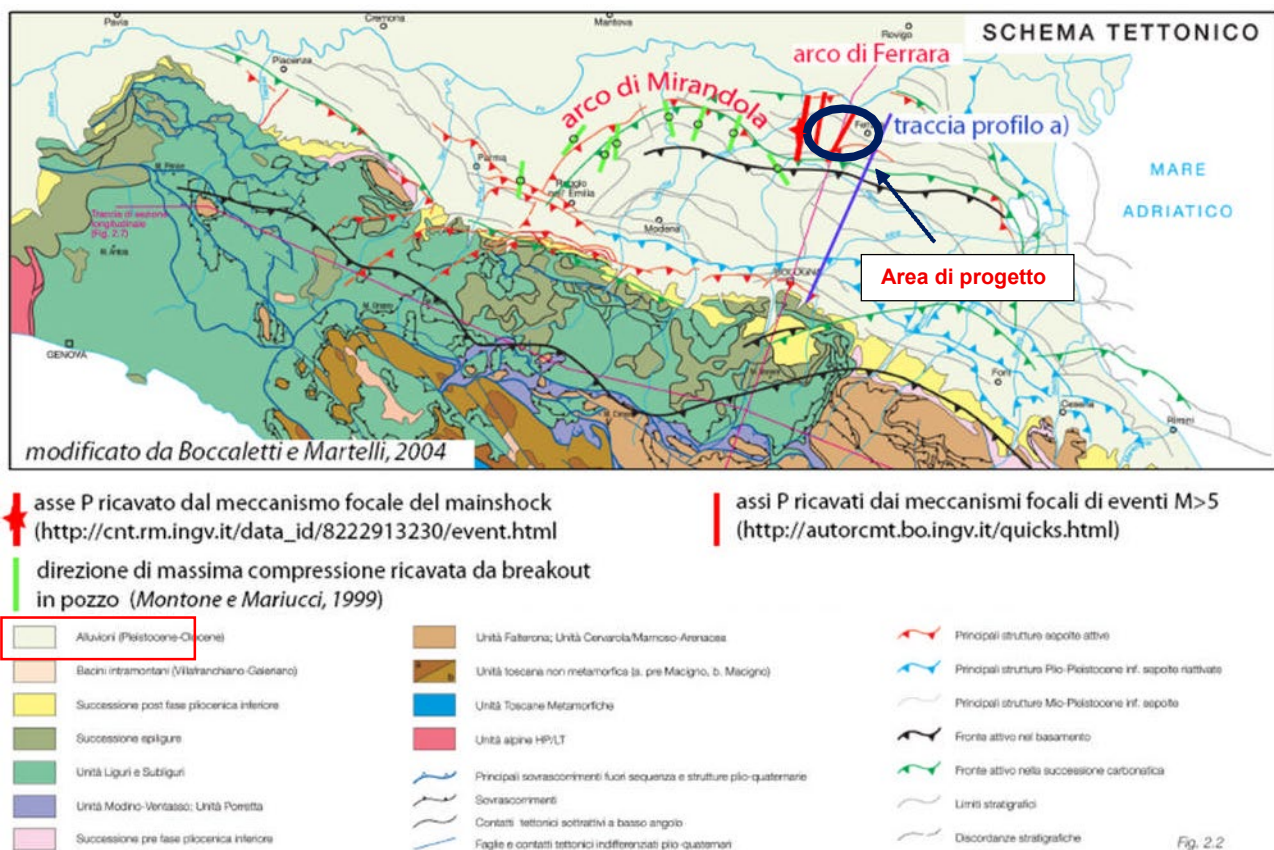


Figura 2-5 - Schema geologico della Pianura Padana con evidenziata l'area di studio

La progressiva traslazione verso nord-est dell'avanfossa collegata all'orogenesi appenninica ha determinato una sedimentazione caratterizzata da una marcata eteropia di facies. Nella parte meridionale dell'area si rilevano sequenze alternate di marne e arenarie, mentre nella porzione più settentrionale e distale predominano depositi prevalentemente marnosi.

Nel corso del Messiniano (Miocene superiore) si osserva la deposizione di spessi livelli sabbiosi intervallati da strati più fini, attribuibili alla Formazione di Cortemaggiore.

Successivamente alla fase evaporitica messiniana, l'area ha subito deformazioni correlate all'attività orogenica appenninica, con la generazione di strutture elevate (alti strutturali) che hanno influenzato la distribuzione delle correnti torbiditiche. Nei depocentri si sono accumulate sequenze di sabbie e argille, mentre sulle strutture più elevate si sono depositati prevalentemente sedimenti pelitici fini.

Nel Pleistocene la sedimentazione è tornata ad essere dominata da apporti clastici. Attualmente, i depositi affioranti nell'area sono costituiti esclusivamente da sedimenti di origine quaternaria, come già evidenziato in precedenza.

2.2 Geologia e stratigrafia dell'area di studio

Il riempimento del bacino padano è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo. Alla base si trovano sabbie e peliti di origine torbiditica, seguite da un cuneo sedimentario fluvio-deltizio, che viene a sua volta ricoperto da depositi di origine continentale. Questa sequenza è il risultato di eventi tettonico-sedimentari intensi (parossistici), intervallati da fasi di subsidenza marcata e da periodi con ridotta attività delle strutture compressive.

I depositi continentali affioranti nell'area della pianura ferrarese appartengono ai sedimenti della Piana Alluvionale del Po, che interessa i settori nord-occidentali del Comune di Ferrara ed estende la sua influenza anche nei comuni limitrofi di Vigarano Mainarda e Bondeno. Tali sedimenti sono attribuibili all'attività dell'antico Po di Ferrara, il quale, prima della sua definitiva decadenza, ha contribuito alla formazione della piana attraverso frequenti eventi di esondazione.

All'interno dell'ambiente di piana alluvionale si distinguono tre principali facies deposizionali:

- **Facies di canale fluviale:** costituita da sedimenti sabbiosi e limosi, corrispondenti agli antichi alvei del Po di Ferrara e dei corsi d'acqua a esso collegati.
- **Facies di argine e ventaglio da rotta:** composta da sedimenti sabbiosi e limosi, localizzati in corrispondenza di argini naturali e ventagli di esondazione, osservabili

ad esempio in località Castel Trivellino (Case Ravizza) e nelle campagne a nord di Porotto e Cassana.

- **Facies di piana inondabile:** formata da sedimenti limosi e argillosi, depositi in aree altimetricamente depresse situate tra alvei attivi e palealvei. Questi depositi sono particolarmente diffusi nella porzione nord-occidentale del territorio comunale e nei limitrofi comuni di Vigarano Mainarda e Bondeno. In queste zone si riscontra anche una facies aggiuntiva, non presente nell'area di studio, costituita da argille organiche e torbe di ambiente di piana inondabile.

I depositi olocenici presenti nell'area di progetto sono rappresentati prevalentemente da alternanze di sabbie fini e finissime, spesso argillose, in strati da sottili a spessi, e da argille frequentemente sabbiose, in strati da molto sottili a medi. A causa della natura fluviale del contesto deposizionale e della presenza di paleoalvei sepolti, i passaggi litologici risultano frequentemente eteropici, sia in senso laterale che verticale.

2.3 Geomorfologia e idrografia superficiale

L'analisi del modello altimetrico del territorio in esame ha evidenziato un assetto morfologico tipico delle pianure alluvionali mature, in particolare di quella padana. In queste aree, i paleoalvei principali si distinguono come rilievi lineari lievemente sopraelevati rispetto ai settori circostanti, costituendo elementi morfologici residui legati alla sedimentazione fluviale pregressa.

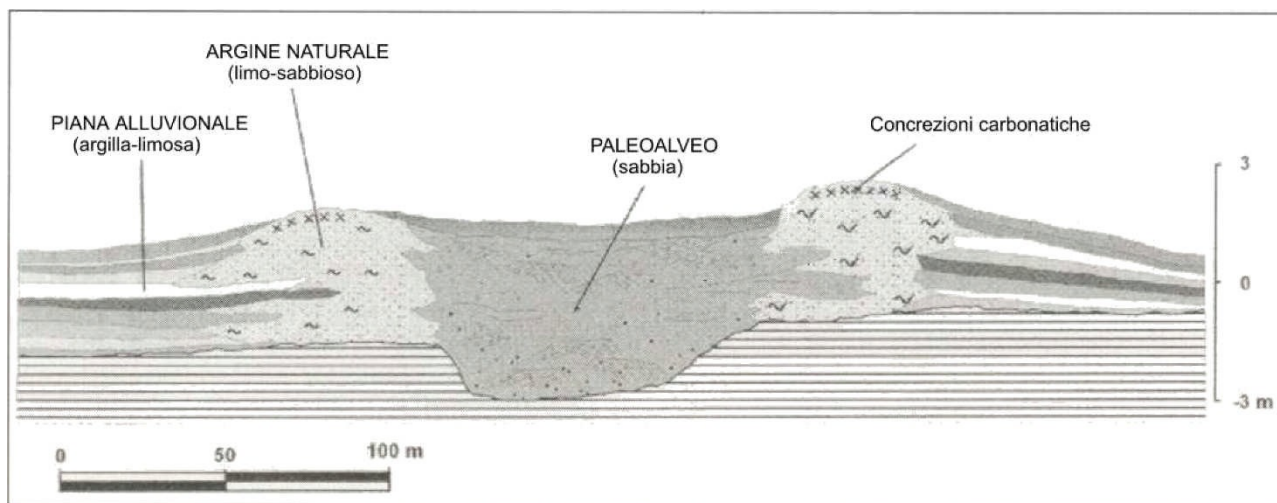


Figura 2-6 - Sezione schematica di un paleoalveo

Questa variabilità topografica è spiegabile con la bassa pendenza del territorio e la conseguente ridotta energia di trasporto dei corsi d'acqua. In queste condizioni, i fiumi tendono a favorire la sedimentazione, depositando per primi i materiali più grossolani (sabbie e sabbie limose) lungo l'alveo e nelle immediate adiacenze, mentre i sedimenti più fini (limi e argille) si accumulano progressivamente nelle aree più distanti, in contesti topograficamente più bassi. Durante eventi di piena o in occasione di rotture arginali, l'espansione laterale delle acque favorisce questo processo di selezione granulometrica.

Tale dinamica ha influenzato storicamente il territorio in oggetto, dove l'attività dell'Adige ha contribuito, in epoca pre-moderna, alla formazione di numerosi ventagli di esondazione sabbiosi, localizzati in posizione rilevata rispetto al livello medio della pianura.

I sedimenti fluviali costituiscono l'ultima fase di un lungo processo di colmamento del bacino padano, che fino al Neogene inferiore (inizio era Neozoica) era occupato da un ampio golfo marino delimitato dalle catene alpina e appenninica. Il riempimento del bacino si è realizzato attraverso una progressiva avanzata dei sistemi deposizionali da ovest verso est e dai margini orografici verso la parte assiale del bacino, determinando un progressivo arretramento del mare entro i confini attuali.

Le informazioni derivanti dalle esplorazioni per idrocarburi e dalle indagini geofisiche consentono di distinguere due diversi comparti tettonici alla base della successione quaternaria: a nord-est una monoclinale suborizzontale, relativamente stabile, in continuità con il fronte sudalpino; a sud-ovest, invece, strutture compressive sepolte riconducibili al fronte appenninico, organizzate in pieghe sinclinali e anticlinali. La subsidenza differenziata, più marcata nei settori sinclinali e ridotta lungo i rilievi strutturali anticlinali, ha regolato gli spessori dei depositi quaternari.

L'evoluzione geomorfologica della pianura è stata fortemente condizionata anche dai cicli climatici che hanno caratterizzato il Pleistocene. L'alternanza di fasi glaciali e interglaciali ha determinato variazioni importanti nella linea di costa e nella distribuzione degli ambienti deposizionali, con l'insediamento, in fasi successive, di ambienti marini, lagunari, deltizi, palustri e alluvionali.

Anche durante l'Olocene (dal 8.300 a.C. a oggi), importanti fluttuazioni climatiche hanno influenzato il regime idrologico e sedimentario dei fiumi. In corrispondenza di fasi climatiche

più fredde e umide, si sono verificati eventi di maggiore energia fluviale con deposizione intensa di sedimenti, mentre in periodi più caldi e stabili la rete idrografica ha mostrato comportamenti più regolari.

Per buona parte del Quaternario, i fiumi della Pianura Padana inferiore hanno operato in un regime prevalentemente sedimentario. Tale comportamento ha determinato nel tempo numerose variazioni di tracciato, fino a quando, in epoca storica, gli interventi antropici – mediante arginature – hanno imposto percorsi più stabili ai corsi d'acqua. La dinamica naturale, tuttavia, ha prodotto argini naturali rialzati formati da sedimenti grossolani in prossimità dell'alveo e depositi progressivamente più fini man mano che ci si allontana da esso. La maggiore compressibilità dei sedimenti fini e la deposizione differenziata in funzione dell'energia della corrente spiegano l'attuale assetto altimetrico, con alvei sopraelevati e aree interfluviali debolmente depresse.

Durante le esondazioni più significative, i tracciati fluviali sopraelevati sono stati abbandonati a favore di nuovi percorsi in aree più basse, successivamente colmate da ulteriori fasi sedimentarie.

Nel contesto idrografico attuale, il fiume Po costituisce l'elemento dominante, segnando a nord il confine con la provincia di Rovigo e suddividendosi nel territorio ferrarese nei rami del Po di Volano (che attraversa il centro urbano di Ferrara), del Po di Primaro e del Po di Goro, il ramo più meridionale del delta.

Il fiume Reno definisce il limite meridionale della provincia di Ferrara, scorrendo da Cento fino ad Argenta e sfociando infine nel territorio ravennate, a sud del Lido di Spina. I torrenti Idice e Sillaro interessano marginalmente l'area, attraversandola nel loro tratto terminale e confluendo rispettivamente nelle valli di Campotto e di Valle Santa. A ovest, il Panaro, che attraversa il comune di Bondeno, costituisce l'ultimo affluente del Po.

La rete di canali artificiali è ben sviluppata: tra i principali si segnala il Cavo Napoleonico, che collega il Po al Reno, e l'Idrovia Ferrarese. I corsi d'acqua che attraversano o delimitano l'area, in particolare il Po di Goro, il Po Grande, il Panaro, il Reno e il Secchia, presentano tratti con alvei pensili. Il bacino idrografico dell'area oggetto di studio ha una connessione idraulica diretta – per quanto riguarda il deflusso – principalmente con il Po Grande, attraverso gli impianti idrovori di Moglia e Pilastresi, e con il Po di Goro, grazie al più recente

impianto idrovoro Vidàra Nord. Al di fuori di queste connessioni, l'azione drenante degli altri fiumi si limita essenzialmente alle rispettive fasce golenali.

2.4 Idrogeologia

Nel contesto della Pianura emiliano-romagnola, la risorsa idrica sotterranea è principalmente ospitata nei depositi alluvionali che costituiscono il riempimento più superficiale della successione sedimentaria, con spessori che possono superare i 400–500 metri. In misura più marginale, anche sedimenti marini di transizione contribuiscono alla formazione degli acquiferi, sebbene con un'influenza minore.

Muovendosi in direzione nord dal margine appenninico verso il cuore della pianura, si osserva una successione di ambienti deposizionali riconducibili a tre zone principali: le conoidi alluvionali prossimali, la pianura alluvionale appenninica intermedia e, infine, la pianura alluvionale e deltizia del fiume Po.

L'area oggetto della presente analisi ricade interamente all'interno della porzione centrale della pianura alluvionale, come già evidenziato nei capitoli precedenti.

Il riempimento sedimentario del bacino padano è organizzato in un sistema idrogeologico multilivello, comunemente suddiviso in tre macro-gruppi di acquiferi, denominati A, B e C (secondo la classificazione proposta da Farina et al., 1998, 2001; Artioli & Baldini, 1997; A.CO.SE.R, 1995). Questi sistemi, sovrapposti verticalmente, riflettono la natura complessa e stratificata della sequenza deposizionale alluvionale.

Il livello più superficiale è rappresentato dall'acquifero A0, che costituisce il primo orizzonte saturo accessibile e alimenta le falde freatiche più immediate. Si tratta di un'unità a geometria cuneiforme che si estende progressivamente dalla fascia pedecollinare verso le porzioni più depresse della pianura. Questo acquifero assume particolare rilevanza nell'area apicale del conoide del Reno, dove la tessitura sedimentaria più grossolana (prevalenza di sabbie e ghiaie) favorisce elevati tassi di ricarica.

A profondità maggiori si collocano gli acquiferi denominati A1, A2, A3 e A4, separati da livelli semipermeabili (acquitardi) che ne limitano l'interazione con gli strati superiori e con la superficie. Questi acquiferi, ubicati nei settori centrali della pianura, sono caratterizzati da

un'elevata produttività idrica grazie alla presenza prevalente di materiali a granulometria media-grossolana.

Gli acquiferi appartenenti ai gruppi B e C, localizzati a profondità più elevate (fino a circa 400 metri), sono meno facilmente accessibili ma costituiscono una risorsa idrica strategica. La loro architettura deposizionale è complessa, con alternanze di sedimenti fini (limi e argille) e unità sabbiose e ghiaiose che conferiscono al sistema un marcato comportamento anisotropo dal punto di vista della permeabilità.

Questi serbatoi profondi sono fondamentali per l'approvvigionamento idropotabile e per usi industriali, anche se la loro vulnerabilità all'inquinamento è ridotta rispetto agli acquiferi più superficiali, proprio in virtù della maggiore profondità e dell'efficace isolamento litologico.

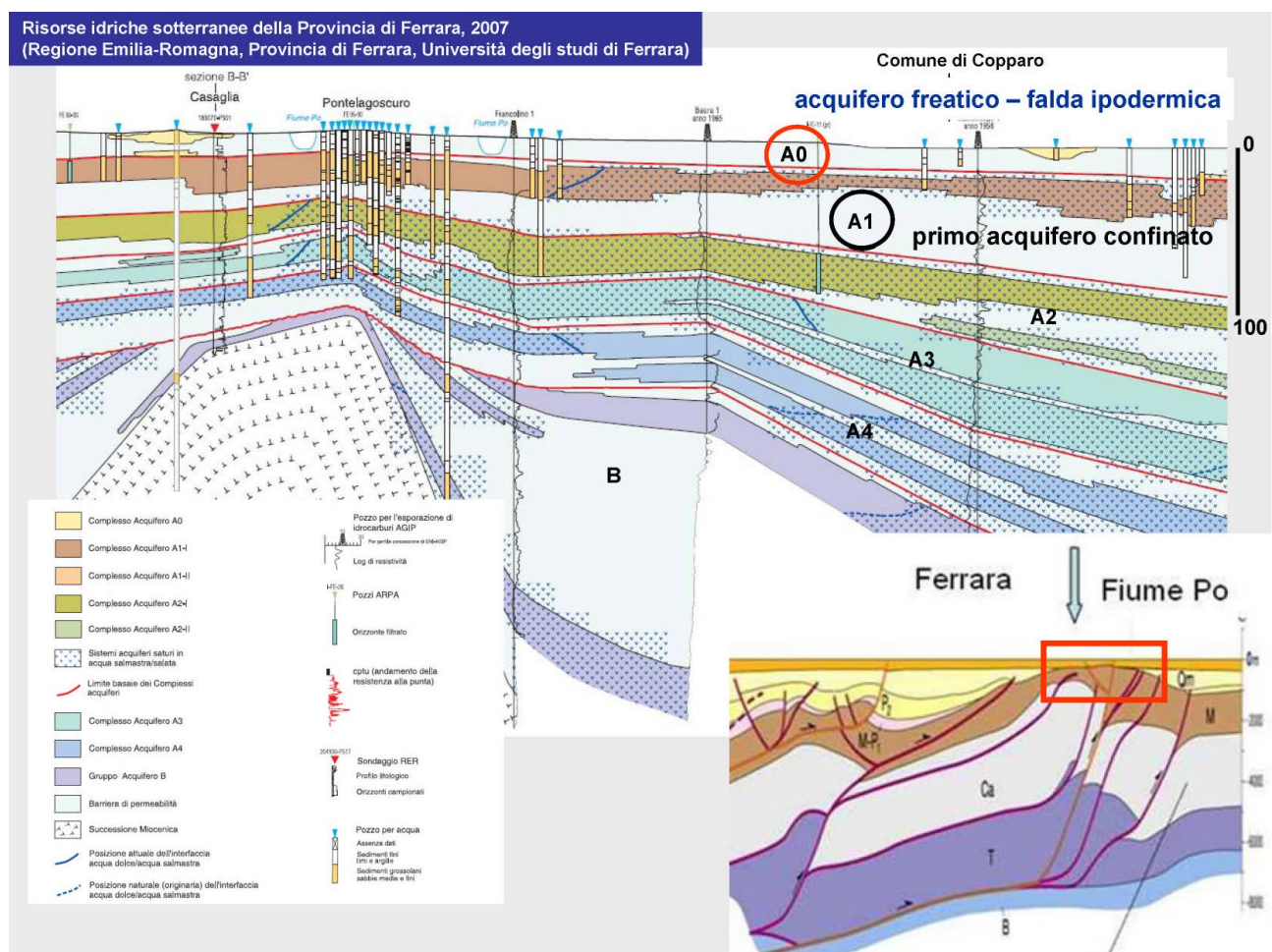


Figura 2-7 - Sezione schematica idrogeologica

All'interno della successione idrogeologica della pianura, gli acquitardi svolgono il ruolo di separatori idraulici, limitando il trasferimento diretto di acqua tra le falde più superficiali e gli

acquiferi profondi. Tali livelli a bassa permeabilità, tuttavia, non risultano ovunque continui: in diverse porzioni del territorio presentano discontinuità e zone di ridotta efficacia, che consentono localmente una parziale comunicazione tra i diversi orizzonti acquiferi.

Nelle porzioni più prossime al piano campagna, le falde freatiche si sviluppano prevalentemente in condizioni libere nelle aree prossimali (conoidi) e in pressione nelle aree più distali. Questi sistemi acquiferi superficiali sono direttamente alimentati dalla pioggia e dalla rete idrografica superficiale, che fornisce un contributo rilevante alla ricarica naturale. Il regime di flusso sotterraneo è frequentemente condizionato dall'interazione con le infrastrutture di drenaggio e bonifica, diffuse soprattutto nelle aree di pianura a più intensa trasformazione antropica. Tali sistemi possono determinare un abbassamento locale dei livelli piezometrici, influenzando la dinamica di flusso tra gli acquiferi.

Le caratteristiche del sistema idrico multilivello risultano confermate anche dai dati di campo reperibili attraverso la piattaforma ISPRA, che fornisce dettagliate informazioni piezometriche e stratigrafiche. In particolare, i pozzi contrassegnati con i numeri 1309, 1543 e 3058 evidenziano l'esistenza di falde contenute in orizzonti ad alta permeabilità, costituiti principalmente da sabbie medio-grossolane e sabbie fini, che rappresentano le principali unità acquifere attive nella zona di studio.

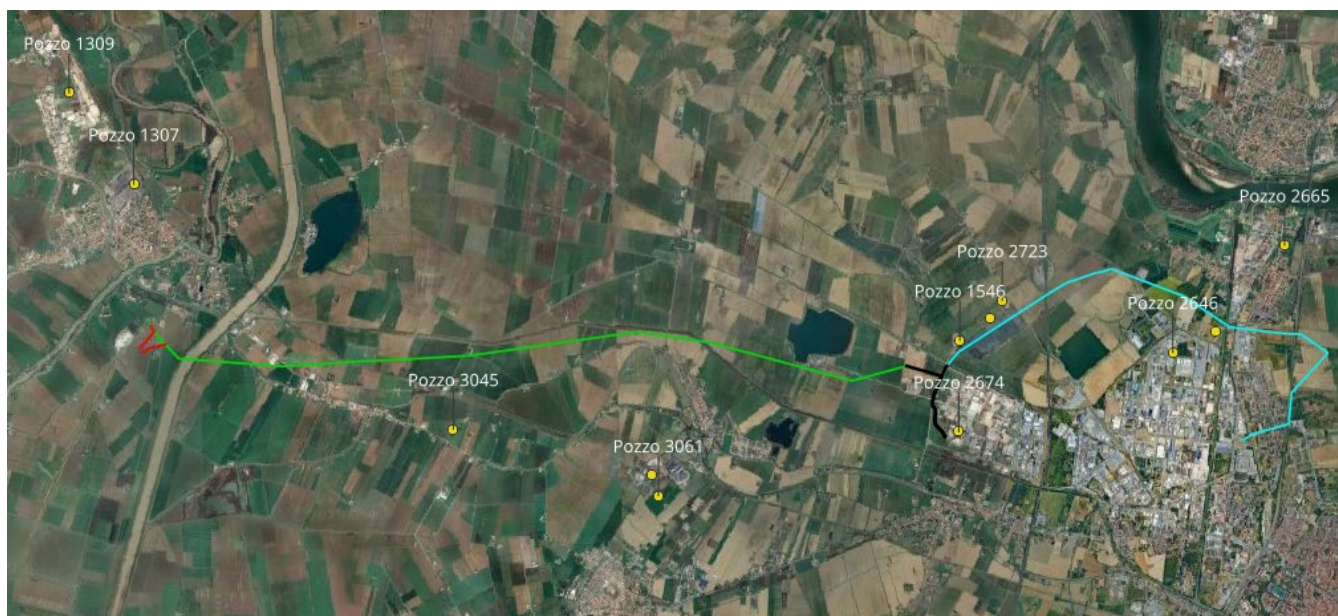


Figura 2-8 - Immagine satellitare con ubicazione dei pozzi e dell'areale di Progetto.

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	60,00	60,00	1000

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	20,00	55,00	35,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	24,20	55,00	30,80	600

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/1995	3,90	12,35	8,45	51,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	20,00	20,00		ARGILLA
2	20,00	37,00	17,00		SABBIA E GHIAIETTO
3	37,00	38,50	1,50		ARGILLA SABBIOSA
4	38,50	51,00	12,50		SABBIA E GHIAIETTO
5	51,00	52,00	1,00		ARGILLA
6	52,00	55,00	3,00		GHIAIA CALCAREA CON STRATI DI ARGILLA
7	55,00	60,00	5,00		ARGILLA

Figura 2-9 - Caratteristiche pozzo 1307

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	30,00	30,00	140

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	8,00	30,00	22,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	24,00	30,00	6,00	114

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
lug/1991	3,00	8,00	5,00	4,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,50	1,50		TERRENO VEGETALE
2	1,50	8,00	6,50		SABBIA GIALLA
3	8,00	30,00	22,00		SABBIA AZZURRA

Figura 2-10 - Caratteristiche pozzo 3045

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	51,00	51,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	12,00	27,00	15,00
2	30,00	35,00	5,00
3	42,00	49,00	7,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	44,00	49,00	5,00	163

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
dic/2004	4,80	9,30	4,50	8,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	5,00	5,00		TERRENO AGRARIO LIMOSO-ARGILLOSO
2	5,00	12,00	7,00		ARGILLA
3	12,00	27,00	15,00		SABBIA MEDIA E FINE
4	27,00	30,00	3,00		ARGILLA GRIGIA
5	30,00	35,00	5,00		LIMO E SABBIA FINE
6	35,00	42,00	7,00		ARGILLA GRIGIA
7	42,00	49,00	7,00		SABBIA GROSSOLANA
8	49,00	51,00	2,00		ARGILLA GRIGIA

Figura 2-11 - Caratteristiche pozzo 1309

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	48,00	48,00	200

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	15,00	48,00	33,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	38,00	48,00	10,00	180

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/1998	4,00	10,00	6,00	5,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00		TERRENO VEGETALE
2	2,00	15,00	13,00		ARGILLA NON COMPATTA
3	15,00	48,00	33,00		SABBIA MEDIA E FINE

Figura 2-12 - Caratteristiche pozzo 3061

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	31,00	31,00	160

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	12,50	27,40	14,90

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	15,00	24,00	9,00	ND

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
feb/1990	7,60	12,10	4,50	2,800

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00	OLOCENE	TERRENO VEGETALE
2	1,00	8,80	7,80	OLOCENE	ARGILLA GRIGIA CON TORBA
3	8,80	9,50	0,70	OLOCENE	SABBIA MEDIA
4	9,50	12,50	3,00	OLOCENE	ARGILLA GRIGIA
5	12,50	27,40	14,90	OLOCENE	SABBIA GRIGIA MEDIA BEN CLASSATA
6	27,40	31,00	3,60	OLOCENE	ARGILLA LIMOSA CHIARA

Figura 2-13 - Caratteristiche pozzo 1546

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	120,00	120,00	160

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	13,00	30,00	17,00
2	64,00	77,00	13,00
3	102,00	120,00	18,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	103,00	118,00	15,00	140

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/2005	5,00	ND	ND	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	13,00	13,00		ARGILLA
2	13,00	30,00	17,00		SABBIA CON LENTI DI ARGILLA
3	30,00	32,00	2,00		ARGILLA
4	32,00	63,00	31,00		SABBIA CON LENTI DI ARGILLA
5	63,00	64,50	1,50		ARGILLA
6	64,50	77,00	12,50		SABBIA
7	77,00	78,50	1,50		ARGILLA
8	78,50	81,00	2,50		SABBIA
9	81,00	92,00	11,00		ARGILLA
10	92,00	94,00	2,00		SABBIA
11	94,00	102,00	8,00		ARGILLA CON SABBIA
12	102,00	120,00	18,00		SABBIA

Figura 2-14 - Caratteristiche pozzo 3058

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	41,00	41,00	250

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	20,00	40,00	20,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	25,00	40,00	15,00	165

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
giu/1997	2,00	4,00	2,00	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	18,00	18,00		ARGILLA
2	18,00	20,00	2,00		LIMO
3	20,00	40,00	20,00		SABBIA

Figura 2-15 - Caratteristiche pozzo 1572

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	40,00	40,00	200

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	16,00	40,00	24,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	30,00	40,00	10,00	180

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
apr/1997	3,70	6,50	2,80	11,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00		TERRENO VEGETALE ARGILLO-LIMOSO NOCCIOLA CHIARO POCO PLASTICO MOLTO COMPATTO
2	2,00	6,00	4,00		ARGILLA GRIGIO-NOCCIOLA POCO PLASTICA. MOLTO COMPATTA. PRESENZA DI MATERIALE ORGANICO E TORBA
3	6,00	10,00	4,00		ARGILLA GRIGIO-SCURO MOLTO COMPATTA PIU' PLASTICA DELLA PRECEDENTE PRESENZA DI TORBA IN % MAGGIORE DELLA PRECEDENTE
4	10,00	16,00	6,00		ARGILLA GRIGIO-SCURO MOLTO COMPATTA CON ASSENZA DI TORBA E PRESENZA DI MATERIALE ORGANICO
5	16,00	30,00	14,00		SABBIA MEDIA GRIGIASTRA
6	30,00	40,00	10,00		SABBIA GROSSA GRIGIASTRA

Figura 2-16 - Caratteristiche pozzo 2674

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	50,00	50,00	100

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	15,00	42,00	27,00

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	4,00	4,00		SABBIA LIMOSA
2	4,00	6,20	2,20		ARGILLA GRIGIA
3	6,20	11,20	5,00		ALTERNANZA DI LIMI E SABBIE
4	11,20	31,00	19,80		SABBIA MEDIO FINE CON LIVELLI LIMOSI
5	31,00	32,00	1,00		ARGILLA TORBOSA
6	32,00	41,50	9,50		SABBIA MEDIO FINE
7	41,50	43,70	2,20		ARGILLA GRIGIA
8	43,70	50,00	6,30		LIMO GRIGIO

Figura 2-17 - Caratteristiche pozzo 2646

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	51,40	51,40	160

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	9,40	28,50	19,10
2	39,40	51,40	12,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	41,00	50,00	9,00	ND

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
feb/1990	7,00	11,20	4,20	2,800

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00	OLOCENE	TERRENO VEGETALE
2	1,00	3,40	2,40	OLOCENE	ARGILLA SCURA CON TORBA
3	3,40	6,00	2,60	OLOCENE	ARGILLA GRIGIA PLASTICA MOLTO TORBOSA
4	6,00	9,40	3,40	OLOCENE	ARGILLA GRIGIA CON TRACCE DI TORBA
5	9,40	28,50	19,10	OLOCENE	SABBIA GRIGIA MEDIA BEN CLASSATA
6	28,50	39,40	10,90	OLOCENE	ARGILLA NERASTRA CON RESTI VEGETALI
7	39,40	51,40	12,00	OLOCENE	SABBIA MEDIA BEN CLASSATA

Figura 2-18 - Caratteristiche pozzo 1543

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	30,00	30,00	20

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	17,00	27,00	10,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	19,00	29,00	10,00	170

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	10,00	10,00		ARGILLA CON LENTI DI TORBA
2	10,00	17,00	7,00		SABBIA FINE GRIGIA
3	17,00	27,00	10,00		SABBIA GROSSA GRIGIA
4	27,00	29,00	2,00		SABBIA FINE GRIGIA
5	29,00	30,00	1,00		ARGILLA GRIGIA CON LENTI DI SABBIA

Figura 2-19 - Caratteristiche pozzo 2723

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	31,00	31,00	127

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	13,00	30,50	17,50

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	14,00	30,50	16,50	76

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
ott/2002	4,10	ND	ND	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,40	0,40		SABBIA GHIAIOSA DI RIPORTO
2	0,40	0,80	0,40		ARGILLA LIMOSA VIOLA SCURO CON PICCOLI FRAMMENTI DI LATERIZIO SPARSI.
3	0,80	0,90	0,10		LIMO SABBIOSO CON NODULI SPIGOLOSI BIANCASTRI.
4	0,90	1,60	0,70		LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO MARRONE CHIARO. MOLTO CONSISTENTE.
5	1,60	2,70	1,10		LIMO SABBIOSO MARRONE CHIARO CON SFUMATURE GIALLASTRE E LIVELLI GRIGI. CONSISTENTE.
6	2,70	3,15	0,45		ARGILLA LIMOSA MARRONE GIALLASTRO CHIARO CON GRANULI MARRONE SCURO SPARSI. MODERATAMENTE CONSISTENTE.
7	3,15	3,70	0,55		LIMO DEBOLMENTE SABBIOSO, DEBOLMENTE ARGILLOSO, MARRONE. POCO CONSISTENTE.
8	3,70	3,90	0,20		ARGILLA LIMOSA MARRONE POCO CONSISTENTE.
9	3,90	9,00	5,10		ARGILLA DA DEBOLMENTE LIMOSA A LIMOSA GRIGIO CHIARO CON FREQUENTI LIVELLI SCURI ORGANICI E TORBOSI. MOD. CONSISTENTE.
10	9,00	13,00	4,00		LIMO SABBIOSO GRIGIO, A TRATTI CON SABBIA. RARI RESTI VEGETALI SPARSI.
11	13,00	21,50	8,50		SABBIA MEDIA GRIGIA. MEDIAMENTE ADDENSATA.
12	21,50	29,70	8,20		SABBIA MEDIO FINE GRIGIA MEDIAMENTE ADDENSATA.
13	29,70	30,00	0,30		ARGILLA LIMOSA ORGANICA GRIGIO SCURO. MODERATAMENTE CONSISTENTE.
14	30,00	31,00	1,00		SABBIA FINE CON LIMO GRIGIO BLUASTRO.

Figura 2-20 - Caratteristiche pozzo 2665

3 SISIMICITÀ

La caratterizzazione sismica del sito è stata effettuata attraverso la consultazione dei seguenti database:

- Database Macrosismico Italiano DBMI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>);
- ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci (<https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>);
- DISS – Database of Individual Seismogenetic Source (<https://diss.ingv.it/>)

Dall'analisi del Database Macrosismico Italiano 2015 è possibile ottenere un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti, relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020.

3.1 Sismicità storica

Data l'ubicazione dell'Opera, sono state analizzate tre diverse serie storiche, quelle dei Comuni di Bondeno (FE), Vigarano Mainarda (FE) e Ferrara (FE).

Per il Comune di Bondeno (FE) sono archiviati 5 eventi di cui l'evento con Mw maggiore risulta essere quello del 2012 "*Pianura emiliana*" con Mw = 5.90 che risulta anche essere il più recente (vedi Figura 3-3 e Figura 3-2).

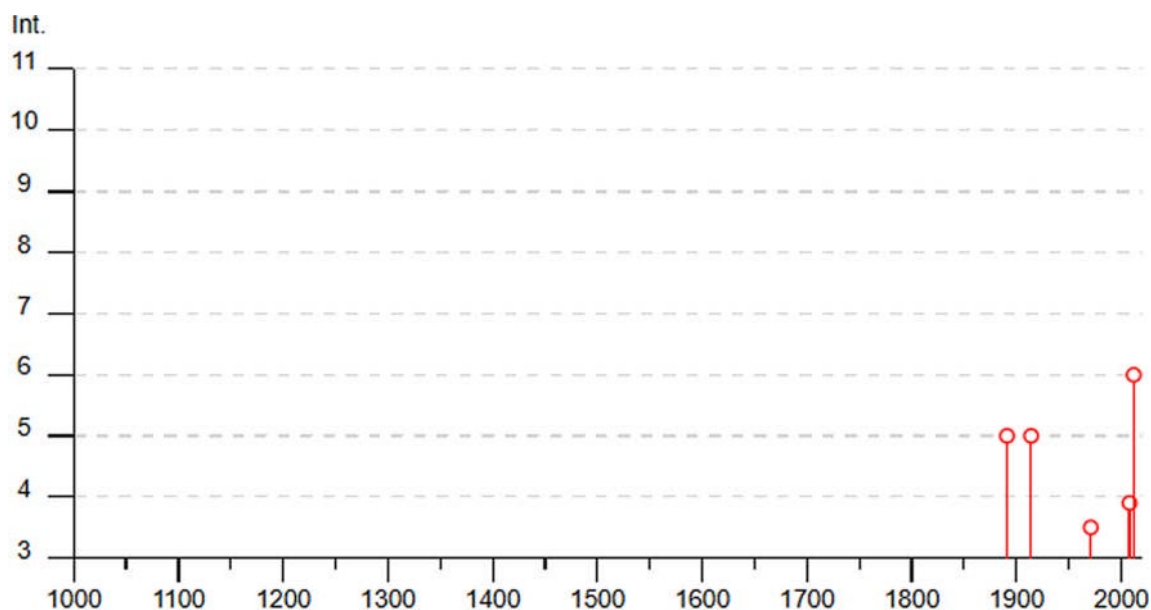
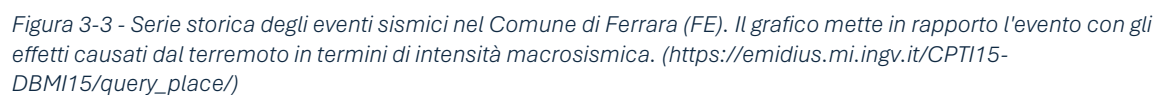


Figura 3-1 - Serie storica degli eventi sismici nel Comune di Bondeno (FE). Il grafico mette in rapporto l'evento con gli effetti causati dal terremoto in termini di intensità macrosismica. (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5		1891	06	07	01	06	1 Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
5		1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
3-4		1971	09	11	23	18	1 Pianura emiliana	15	5	4.19
F		2008	12	23	15	24	2 Parmense	291	6-7	5.36
6		2012	05	29	07	00	0 Pianura emiliana	87	7-8	5.90

Figura 3-2 - Censimento degli eventi sismici nel Comune di Bondeno (FE) (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

Per il Comune di Ferrara (FE) sono archiviati 140 eventi di cui l'evento con Mw maggiore risulta essere quello del 1915 "Marsica" con Mw = 7.08, mentre il più recente è l'evento del 2016 "Valnerina" con Mw = 6.61 (vedi Figura 3-3 a 3-7).



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6		1117	01	03	15	15	Veronese	55	9	6.52
F		1174	08	17	18		Val Padana	3	4-5	3.93
6		1222	12	25	12	30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
7		1234	03	20			Ferrara	1	7	5.10
7		1285	12	13			Ferrara	2	7	5.10
5		1304	10	23	00	45	Pianura emiliana	4		
6		1339	11	16	14	10	Ferrara	1	6	4.63
5		1365	03	04			Pianura Veneta	4	5	4.63
F		1399	07	20	23		Appennino modenese	6	7	5.10
3		1408	01	03	16	30	Bologna	2	4	3.70
6		1409	08	17	00	35	Ferrara	1	6	4.63
6-7		1410	05	09	22	30	Ferrara	1	6-7	4.86
F		1410	06	10	21		Verona	5		
7		1411	01	09	02		Ferrara	1	7	5.10
7		1425	08	10			Ferrarese	2	6	4.63
5-6		1483	03	03	22		Ferrara	1	5-6	4.40
5		1483	08	11	19	40	Romagna	14	8	5.69
5		1487	01	11	15	40	Ferrara	2	4	3.70
F		1501	06	05	10		Modenese	17	9	6.05
5		1504	12	31	04		Bolognese	15	6	5.02
6		1505	01	03	02		Bolognese	31	8	5.62
5		1505	01	20	23	50	Bolognese	11	5-6	4.76
F		1508	10	18			Ferrarese	1	4	3.70
5		1508	10	26			Ferrarese	1	5	4.16
6		1511	03	26	15	30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
NC		1511	03	28	14	30	Friuli-Slovenia	7		
NC		1511	04	01	17		Friuli-Slovenia	5		
4-5		1516	05	20	23		Pianura Padana	4		
6		1536	08	17	00	05	Appennino settentrionale	10	6-7	5.12
6-7		1561	11	24	01	25	Ferrarese	3	5-6	4.40
8		1570	11	17	19	10	Ferrarese	58	7-8	5.44
4		1572	06	04	22		Parmense	5	6	4.63
F		1574	03	17	03	40	Finale Emilia	4	6	4.63
5		1591	07	10			Romagna	6	6-7	5.13
5		1594	10	03			Ferrara	1	5	4.16
6		1624	03	19			Argenta	18	7-8	5.43
5		1661	03	22	12	50	Appennino forlivese	79	9	6.05
3		1666	04	14	18	58	Bolognese	3	5	4.16

 Figura 3-4 - Censimento degli eventi sismici nel Comune di Ferrara (FE) (https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/query_place/)

5		1672 04 14 15 45	Riminese	92	8 5.59
5		1678 07 15	Ferrara	1	5 4.16
5		1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9 5.84
4-5		1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7 5.23
6		1695 02 25 05 30	Asolano	107	10 6.40
5-6		1695 02 28	Ferrara	1	5-6 4.40
3		1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6 4.94
4		1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8 5.64
4		1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9 6.17
6-7		1743 05 29	Ferrara	1	6-7 4.86
F		1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5 4.70
4-5		1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10 6.12
5		1781 07 17 09 40	Faentino	46	8 5.61
3		1786 12 25 01	Riminese	90	8 5.66
6-7		1787 07 16 10	Ferrara	3	5-6 4.40
6-7		1787 07 26 07 15	Ferrara	1	6-7 4.86
7		1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7 5.45
4		1806 02 12	Reggiano	28	7 5.21
4-5		1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8 5.62
4		1813 09 21 07 45	Romagna	12	7 5.28
F		1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8 5.48
F		1832 01 13 13	Valle Umbra	101	10 6.43
5		1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8 5.51
3		1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7 5.08
3		1834 10 04 19	Bolognese	12	6 4.71
3		1836 06 12 02 30	Asolano	26	8 5.53
3		1850 09 18 06 20	Modenese	7	5 4.16
3		1851 08 03	Valli Giudicarie	15	6 4.92
F		1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7 5.11
3-4		1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5 4.57
5		1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8 5.61
3-4		1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
4		1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10 6.29
NF		1874 10 07	Imolese	60	7 4.96
5-6		1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
4		1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6 4.84
3		1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7 5.22
F		1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5 4.59
NF		1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6 5.01
3-4		1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
3		1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5 4.53

 Figura 3-5 - Censimento degli eventi sismici nel Comune di Ferrara (FE) (https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/query_place/)

3	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
2	1891 08 01 13 32 2	Lugo	15	4-5	4.36
3-4	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
2-3	1895 03 23	Comacchio	33	6	4.65
NF	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	401	8	5.50
3	1895 07 30 10 47	Comacchio	10	5	4.47
3-4	1895 08 07 19 49 3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
2	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	103	6	5.11
NF	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
4	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
3	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
4	1898 03 09 11 43	Romagna settentrionale	68	6	4.59
4	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3	1902 03 05 07 06	Garfagnana	83	7	4.98
2	1903 07 27 03 46	Lunigiana	79	7-8	5.19
3	1904 02 25 18 47 5	Reggiano	62	6	4.81
3	1904 03 10 04 23 0	Slovenia nord-occidentale	57		
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
3	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
2	1908 07 10 02 13 3	Carnia	119	7-8	5.31
6	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1911 02 19 07 18 3	Forlivese	181	7	5.26
2-3	1911 03 20 15 47	Forlivese	25	6	5.09
3	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
2	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
5	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1916 05 17 12 50	Riminense	132	8	5.82
4	1916 08 16 07 06 1	Riminense	257	8	5.82
3	1918 11 10 15 12 2	Appennino forlivese	187	9	5.96
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
F	1919 07 12 12 06	Asolano	7	4-5	5.03
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
4-5	1922 05 24 21 17 2	Ferrarese	7	4	3.70
4-5	1926 01 01 18 04 0	Carniola interna	63	7-8	5.72
4	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
3	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10

 Figura 3-6 - Censimento degli eventi sismici nel Comune di Ferrara (FE) (https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/query_place/)

3-4		1929 04 22 14 19	Bolognese	12	5-6 4.61
4-5		1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7 5.29
4		1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7 5.17
2-3		1956 02 20 01 29 4	Argenta	17	5-6 4.96
4-5		1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6 5.05
5		1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8 5.51
3		1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5 4.87
3		1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
3		1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7 4.57
5		1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7 5.04
NF		1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7 5.62
4		1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6 4.43
4-5		1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7 4.85
4-5		1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7 5.38
NF		2002 11 02 10 57 4	Ferrarese	79	4 4.21
4		2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6 5.24
4		2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7 5.36
3		2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5 4.79
F		2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10 6.18
3		2016 10 26 19 18 0	Valnerina	77	6.07
F		2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6.61

Figura 3-7 - Censimento degli eventi sismici nel Comune di Ferrara (FE) (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

Per il Comune di Vigarano Mainarda (FE) sono archiviati 8 eventi di cui l'evento con Mw maggiore risulta essere quello del 1873 "Appennino marchigiano" con Mw = 5.85, mentre il più recente è l'evento del 2002 "Franciacorta" con Mw = 4.21 (vedi Figura 3-3 e Figura 3-9).

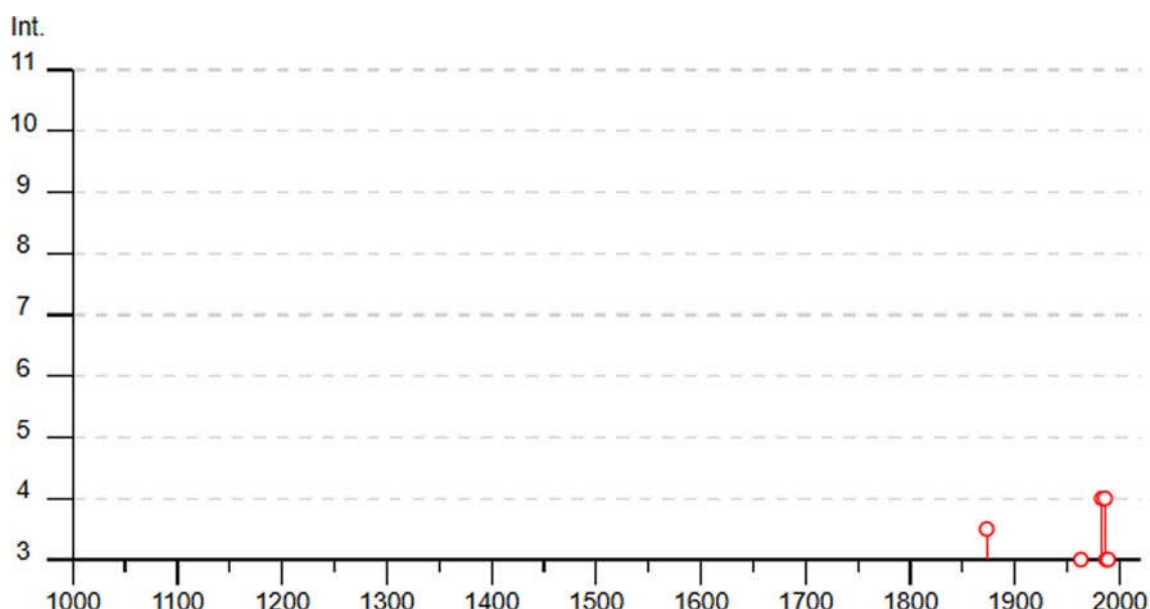


Figura 3-8 - Serie storica degli eventi sismici nel Comune di Vigarano Mainarda (FE). Il grafico mette in rapporto l'evento con gli effetti causati dal terremoto in termini di intensità macrosismica. (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	🔗	1873	03	12	20	04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
3	🔗	1963	04	05	13	49	4 Finale Emilia	6	4-5	3.93
4	🔗	1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04
4	🔗	1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
3	🔗	1987	05	08	11	10	2 Bassa modenese	24	6	4.44
3	🔗	1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF	🔗	2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	🔗	2002	11	13	10	48	0 Franciacorta	768	5	4.21

Figura 3-9 - Censimento degli eventi sismici nel Comune di Vigarano Mainarda (FE) (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

3.2 Sorgenti Sismogenetiche

L'identificazione delle sorgenti sismogenetiche, in particolare di quelle capaci di generare eventi sismici con magnitudo M_w superiore a 5.5, riveste un'importanza fondamentale. Questo valore di magnitudo rappresenta comunemente la soglia minima oltre la quale l'intensità del moto sismico può causare danni significativi alle strutture costruite. Inoltre, si ritiene che magnitudo pari o superiori a 5.5 corrispondano a faglie di dimensioni sufficienti per poter essere riconosciute e mappate tramite metodi geologici.

Un aspetto altrettanto rilevante riguarda l'individuazione delle faglie capaci, ossia quelle strutture tettoniche in grado di provocare una deformazione che raggiunge la superficie terrestre. La rottura superficiale rappresenta infatti una fonte di rischio rilevante, in quanto può provocare gravi danni a edifici e infrastrutture, con particolare gravità nelle zone densamente abitate. Per tale ragione, la conoscenza precisa dell'ubicazione e delle caratteristiche di queste faglie è cruciale per la definizione di strategie efficaci di mitigazione del rischio sismico.

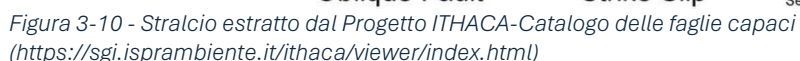
L'Eurocodice 8, nell'ambito della progettazione delle opere di fondazione, sottolinea inoltre l'importanza di valutare la pericolosità tenendo conto anche della possibilità di rottura superficiale.

Per supportare queste valutazioni, sono disponibili due principali database: il Progetto ITHACA (ITaly Hazard from CAPable faults), promosso dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA, che raccoglie e sintetizza le informazioni sulle faglie capaci presenti sul territorio nazionale; e il Catalogo INGV DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), che

individua le sorgenti sismogenetiche potenzialmente in grado di generare terremoti con magnitudo superiore a 5.5.

La Figura 3-10 mostra un estratto cartografico tratto dal Progetto ITHACA, nel quale sono evidenziate le faglie capaci localizzate entro un raggio di 20 km dall'area oggetto di studio, nello specifico:

1. ID 90800 – Faglia Ferrara ridge, faglia inversa di primo ordine;
2. ID 90801 – Faglia Ferrara ridge, faglia inversa;
3. ID 90802 – Faglia Ferrara ridge, faglia inversa;
4. ID 90808 – Faglia Ferrara ridge, faglia inversa di primo ordine;
5. ID 90813 – Faglia Bondeno-Ferrara, faglia inversa di primo ordine;
6. ID 90814 – Faglia Porotto Cassana-Ferrara, faglia inversa di primo ordine;
7. ID 90815 – Faglia Mirandola-Modena, faglia inversa di primo ordine;
8. ID 90816 – Faglia Poggio Renatico-Ferrara, faglia inversa di primo ordine;
9. ID 91800 – Faglia Mirabello-Ferrara, faglia inversa di secondo ordine;
10. ID 93767 – Faglia Ferrara, faglia inversa di primo ordine;
11. ID 93785 – Faglia Copparo-Ferrara, faglia inversa di primo ordine.



Nell'intorno di circa 20 km dall'area di progetto, si riconoscono diverse CSS attive. Come si osserva nella cartografia, il sito si colloca nella porzione meridionale dell'unità **CSS ITCS050 – Poggio Rusco-Migliarino**. Inoltre, il settore meridionale e occidentale dell'area considerata è interessato dalla presenza di ulteriori tre sorgenti composite:

- **ITCS012 – Malalbergo-Ravenna;**

- **ITCS051 – Carpi-Poggio Renatico;**
- **ITCS103 – Finale Emilia-Mirabello.**

Queste fasce, definite sulla base di evidenze geologiche e sismologiche, costituiscono elementi fondamentali per la caratterizzazione della pericolosità sismica di base, in quanto rappresentano potenziali sorgenti di eventi sismici significativi.

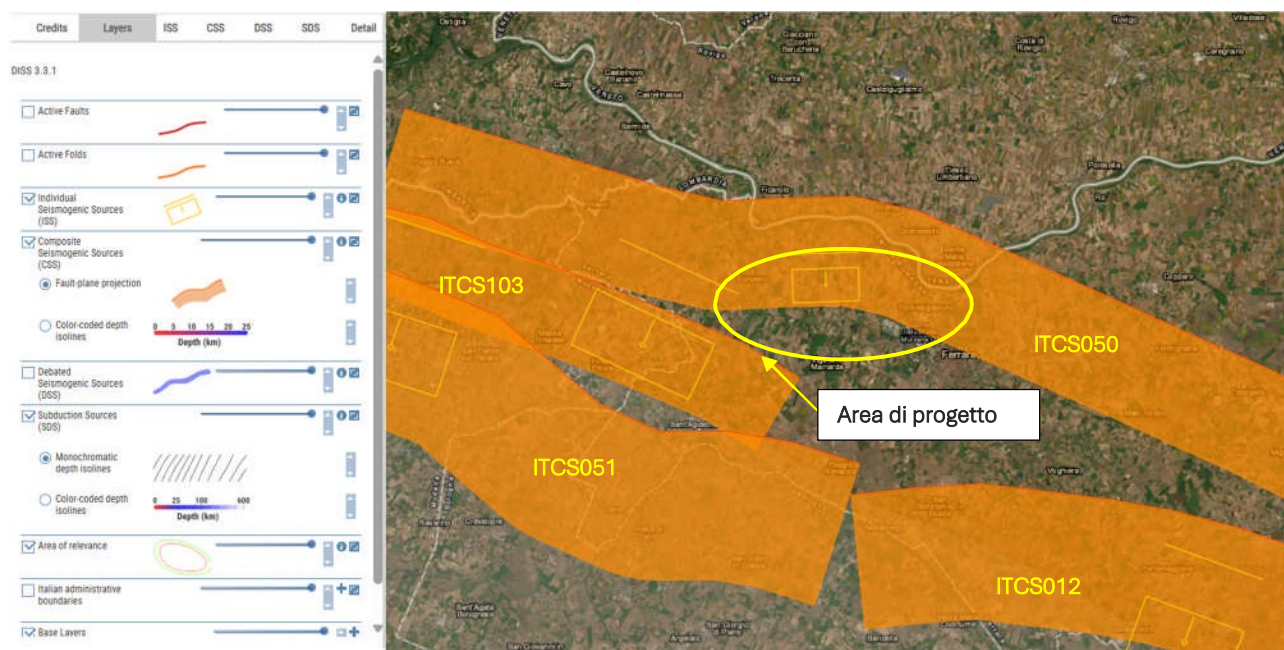


Figura 3-11- Sorgenti Sismogenetiche presenti nell'area di studio. In arancione le Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) (DISS-Database of individual Seismogenic Sources) (<https://diss.ingv.it/>)

3.3 Pericolosità sismica di base

Dopo il terremoto in Puglia del 2002 un intervento di emergenza, con l'Ordinanza PCM 3274/2003 aggiornò l'assegnazione delle Zone Sismiche ai comuni italiani, combinando la classificazione allora vigente con la "Proposta 1998" e definendo per la prima volta la Zona Sismica 4.

Le Regioni recepirono con modeste variazioni le nuove assegnazione dei comuni alle Zone Sismiche con propri atti (Delibere delle Giunte Regionali); l'Abruzzo con la DGR n.438 del 29/3/2003 recepì le assegnazioni dell'Ordinanza senza modificarle.

Nell'Aprile 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha presentato alla Commissione Grandi Rischi e Sezione Rischio Sismico, una nuova mappa di pericolosità sismica (MPS04) elaborata secondo i criteri proposti dall'Ordinanza PCM 3274 la quale venne adottata nel 2006 con una nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) diventando riferimento ufficiale.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro Zone Sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido e pianeggiante considerando una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni ossia per un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Tabella 1 - Suddivisione delle zone sismiche in relazione ai valori di a_g di picco su suolo rigido (OPCM 3519/06)

Come si può osservare dalla Figura 3-12, che mostra il modello di pericolosità sismica MPS04-S1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'area di progetto si trova in una zona caratterizzata da valori di a_g compresi nell'intervallo 0.125-0.150 pertanto, secondo l'OPCM n. 3519/2006, ricade in Zona Sismica 3. Anche secondo la più aggiornata Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna, aggiornata con la DGR n. 146 del 06/02/2023 (Figura 3-13), l'area di progetto ricade in Zona 3.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Figura 3-12 - Pericolosità sismica di base da modello MPS04-S1 (Modello di pericolosità sismica MPS04 (ingv.it))

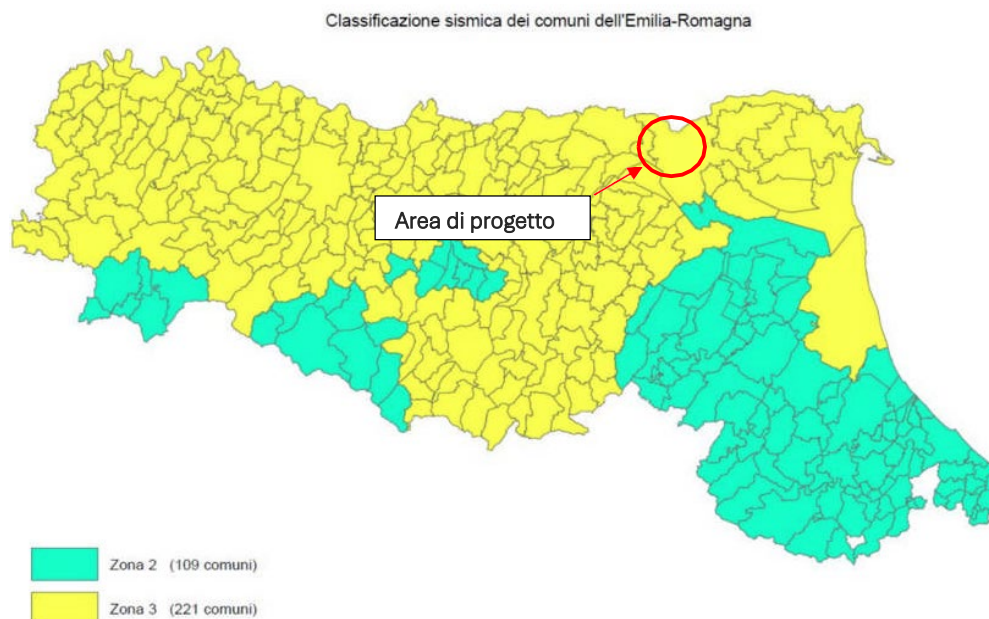


Figura 3-13 - Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna aggiornata con la DGR n. 146 del 06/02/2023

4 COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA (P.A.I. e P.G.R.A.)

Nell'ambito del presente studio è stata eseguita una verifica di compatibilità idrogeologica preliminare per accertare preventivamente che l'intervento previsto garantisca, a seconda delle caratteristiche e delle necessità relative, la sicurezza del territorio.

La verifica è stata effettuata consultando le seguenti carte dell'Autorità del Bacino Distrettuale del Fiume Po.

- Tavole di Delimitazione delle Fasce Fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), che costituisce, ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della Legge 183/89 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. Il piano è stato approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 Maggio 2001; la perimetrazione delle fasce fluviali è aggiornata al 2014.

Da questa cartografia sono state tratte le Tavole, alla scala 1:10.000, prodotte ed allegate alla restante documentazione relativa alla procedura autorizzativa, la Tavola n. 1014-PRF-D16.

Inoltre, sono state consultate le:

- Carte della Pericolosità Idraulica e Carte del Rischio Idraulico del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), ai sensi della Direttiva Europea n. 2007/60/CE del 23 ottobre 2007, recepita dal D.Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49; il piano è stato adottato dal Comitato Istituzionale con deliberazione n. 4 del 17 dicembre 2015 ed è stato approvato dal Comitato Istituzionale con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016. L'ultimo aggiornamento risale al 16 marzo 2020.

Da questa cartografia sono state tratte le Tavole, alla scala 1:10.000, prodotte ed allegate alla restante documentazione relativa alla procedura autorizzativa, le Tavole n. 1024-PRF-D10, Fogli 1-28, (Pericolosità Idraulica) e le Tavole n. 1024-PRF-D10, Fogli 29-35 (Rischio Idraulico).

Per ciò che concerne la Pericolosità ed il Rischio Geomorfologico, le aree interessate dall'Opera in progetto sono situate molto lontano da settori contraddistinti da fenomeni di dissesto geomorfologico; pertanto, non è stata prodotta una apposita cartografia al riguardo.

4.1 Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.)

In merito alla delimitazione delle fasce fluviali prevista dal P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico), si segnala che il tracciato dell'opera in progetto rientra all'interno delle aree perimetrate come soggette a potenziale inondazione da parte del fiume Po e dei suoi affluenti, secondo quanto riportato nelle Tavole n. 1024-PRF-D16-00, Fogli 1 e 2. Tali aree sono classificate come segue:

- **Fascia A – Deflusso della piena:** rappresenta il tratto principale dell'alveo fluviale, sede preferenziale del passaggio delle portate durante l'evento di piena di riferimento. Comprende le forme fluviali riattivabili in condizioni di piena;
- **Fascia B – Esondazione ordinaria:** include le zone marginali all'alveo, interessate dal fenomeno di esondazione per eventi di piena di progetto. In tali aree si verifica la **laminazione del volume di piena**, utile a ridurre la portata di colmo del fiume;
- **Fascia C – Inondazione per piena catastrofica:** comprende territori esterni alla Fascia B, potenzialmente coinvolti in caso di eventi idrologici eccezionali, superiori a quelli assunti come riferimento.

L'intervento previsto ricade interamente all'interno della Fascia C, ovvero in zona potenzialmente soggetta a inondazioni eccezionali.

Per valutare le implicazioni urbanistiche e progettuali derivanti da questa classificazione, è necessario riferirsi alle **Norme di Attuazione del P.A.I.**, le quali definiscono, per ciascuna fascia, le attività consentite o soggette a limitazioni. Nello specifico, **l'Art. 31, comma 4**, stabilisce che la disciplina relativa all'uso del suolo in Fascia C è demandata agli strumenti urbanistici comunali.

Pertanto, per il presente progetto si applicano le disposizioni contenute nel **Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di Ferrara**, esteso anche ai Comuni di Bondeno e Vigarano Mainarda. Le prescrizioni sono definite dall'**Art. 10 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA)** del POC e dall'**Art. 118 del Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE)**, che individuano le **aree soggette a rischio di allagamento** sulla base della "Tavola 6 – Tavole dei Vincoli".

Nello specifico, l'Art. 118, comma 4, del RUE dispone che:

"Le aree ricadenti in Fascia C, individuate nella tav. 6 del POC e corrispondenti a zone soggette a rischio idraulico severo, richiedono per qualsiasi intervento di modifica plano-altimetrica del suolo – incluse infrastrutture e reti di sottoservizi – la redazione di uno studio specialistico finalizzato alla verifica dell'impatto idraulico dell'opera in relazione al rischio di allagamento."

Per quanto riguarda le Tavole di Delimitazione delle Fasce Fluviali del P.A.I. queste perimetrano e definiscono come segue le aree esondabili del fiume Po e dei suoi affluenti:

- Fascia di deflusso della piena (**Fascia A**), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (**Fascia B**), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo;

- Area di inondazione per piena catastrofica (**Fascia C**), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (**Fascia B**), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Gli stralci riportati nelle Tavole n. 1024-PRF-D16-00, mostrano come l'intera Opera da realizzare ricada all'interno della **Fascia Fluviale C**, Area di inondazione per piena catastrofica.

Al fine di determinare cosa comporti il ricadere in **Fascia C**, occorre fare riferimento alle Norme di Attuazione del P.A.I. che disciplinano le attività vietate e quelle consentite nelle diverse Fasce Fluviali.

In particolare, all'Art. 31 comma 4, viene disposto che *“Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in Fascia C”*.

Pertanto, per quanto riguarda l'Opera in progetto, si fa riferimento all'Art. 10 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Operativo Comunale di Ferrara, valido anche per i Comuni di Bondeno e di Vigarano Mainarda, che rimanda alla Tavola 6 (Tavole dei Vincoli) ed all'Art. 118 delle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico Edilizio, sempre del Comune di Ferrara, che recita, al comma 4. *Aree a rischio di allagamento:*

“La tav. 6 individua, anche con riferimento alla “fascia C” del Piano Stralcio per le aree fluviali adottato dalla Autorità di Bacino del Po, le aree soggette a grave rischio di allagamento (da fiumi e canali). All'interno di tali aree:

- *qualsiasi **intervento di modificazione plano-altimetrica del suolo**, ivi comprese la realizzazione di infrastrutture stradali e di sottoservizio, dovrà essere accompagnato da adeguato studio che verifichi l'effetto dell'intervento in funzione dell'evento oggetto del rischio,”*.

4.2 Piano di gestione del rischio delle alluvioni (P.G.R.A.)

Le Carte della Pericolosità Idraulica del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) contengono la perimetrazione delle aree che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo i tre seguenti scenari:

- **P1** - Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento - bassa probabilità;
- **P2** - Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità;
- **P3** - Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità.

Le Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 1 a 7, riportano lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A. per quanto riguarda il reticolo principale Po, da cui si può osservare come tutti i sostegni siano posizionati in **aree P1**, contraddistinte quindi da una bassa probabilità di alluvioni.

Le Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 8 a 14, riportano lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A. per quanto riguarda il reticolo principale Reno, da cui si può osservare come quasi tutti i sostegni siano posizionati in **aree P3**, contraddistinte quindi da una alta probabilità di alluvioni.

Eccezione fatta per i pali:

- 23829A1-034-----S
- 23829A1-035-----S
- 23829A1-036-----S
- 23829A1-037-----S
- 23829A1-038-----S
- 23829A1-039-----S
- 23829A1-040-----S
- 23829A1-041-----S
- 23829A1-042-----S
- 23829A1-043-----S
- 23829A1-044-----S
- 23720C1-093-----C
- 23720C1-094-----C
- 23720C1-095-----C
- 23720C1-096-BON—C

che sono posizionati in **aree P2**, contraddistinte quindi da una media probabilità di eventi alluvionali.

Mentre i pali:

- 23829A1-000-FZI--S
- 23829A1-001-A----S
- 23829A1-002-A----S
- 23829A1-003-A----S
- 23829A1-004-A----S
- 23829A1-005-A----S

- 23829A1-006-A----S
- 23829A1-007-A----S
- 23829A1-008-A----S
- 23829A1-028-----S
- 23829A1-029-----S
- 23829A1-030-----S
- 23829A1-031-----S
- 23829A1-032-----S
- 23829A1-033-----S

non appartengono a nessuna delle 3 aree.

Le Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 15 a 21, riportano lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A. per quanto riguarda il reticolo secondario Po, da cui si può osservare come quasi tutti i sostegni siano posizionati in **aree P2**, contraddistinte quindi da una media probabilità di alluvioni.

Eccezione fatta per i pali:

- 23829A1-041-----S
- 23829A1-042-----S
- 23720C1-091-----C

che sono in **aree P3**, contraddistinte quindi da una alta probabilità di alluvioni.

Nella Carta del Rischio Idraulico del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), che rappresenta il risultato dell'incrocio fra le mappe delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità e gli elementi esposti censiti raggruppati in classi di danno potenziale omogenee (centri abitati, attività economiche, impianti industriali ad elevato potenziale inquinante, aree protette...), vengono individuate quattro classi di rischio:

- **Scenario Rischio Moderato (R1);**
- **Scenario Rischio Medio (R2);**
- **Scenario Rischio Elevato (R3);**
- **Scenario Rischio Molto Elevato (R4).**

Dalle Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 29 a 35, che riportano lo stralcio della Carta del Rischio Idraulico del P.G.R.A. si può osservare come i sostegni:

- 23829A1-002-A----S

- 23829A1-003-A----S
- 23829A1-004-A----S
- 23829A1-005-A----S
- 23829A1-006-A----S
- 23829A1-007-A----S
- 23829A1-008-A----S
- 23829A1-028-----S
- 23829A1-029-----S
- 23829A1-030-----S
- 23829A1-031-----S
- 23829A1-032-----S
- 23829A1-033-----S

ricadano in **aree R1**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Moderato.

Si osserva inoltre che i sostegni:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| • 23829A1-000-FZI--S | • 23829A1-034-----S |
| • 23829A1-001-A----S | • 23829A1-035-----S |
| • 23829A1-002-A----S | • 23829A1-036-----S |
| • 23829A1-003-A----S | • 23829A1-037-----S |
| • 23829A1-004-A----S | • 23829A1-038-----S |
| • 23829A1-005-A----S | • 23829A1-039-----S |
| • 23829A1-006-A----S | • 23829A1-040-----S |
| • 23829A1-007-A----S | • 23829A1-041-----S |
| • 23829A1-008-A----S | • 23829A1-042-----S |
| • 23829A1-028-----S | • 23829A1-043-----S |
| • 23829A1-029-----S | • 23829A1-044-----S |
| • 23829A1-030-----S | • 23829A1-045-----S |
| • 23829A1-031-----S | • 23829A1-046-----S |
| • 23829A1-032-----S | • 23829A1-047-----S |
| • 23829A1-033-----S | • 23829A1-048-----S |

- 23829A1-049-----S
- 23829A1-050-----S
- 23829A1-051-----S
- 23720C1-053-----C
- 23720C1-054-----C
- 23720C1-055-----C
- 23720C1-056-----C
- 23720C1-057-----C
- 23720C1-058-----C
- 23720C1-059-----C
- 23720C1-060-----C
- 23720C1-061-----C
- 23720C1-062-----C
- 23720C1-063-----C
- 23720C1-064-----C
- 23720C1-065-----C
- 23720C1-066-----C
- 23720C1-067-----C
- 23720C1-068-----C
- 23720C1-069-----C
- 23720C1-070-----C
- 23720C1-071-----C
- 23720C1-072-----C
- 23720C1-073-----C
- 23720C1-074-----C
- 23720C1-075-----C
- 23720C1-076-----C
- 23720C1-077-----C
- 23720C1-078-----C
- 23720C1-079-----C
- 23720C1-080-----C
- 23720C1-081-----C
- 23720C1-082-----C
- 23720C1-083-----C
- 23720C1-084-----C
- 23720C1-085-----C
- 23720C1-086-----C
- 23720C1-087-----C
- 23720C1-088-----C
- 23720C1-089-----C
- 23720C1-090-----C
- 23720C1-091-----C
- 23720C1-092-----C
- 23720C1-093-----C
- 23720C1-094-----C

ricadono in **aree R2**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Medio.

La stessa tavola mostra che i sostegni:

- 23829A1-040-----S
- 23720C1-095-----C
- 23720C1-096-BON—C

ricadono in **aree R3**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Elevato.

Infine i sostegni:

- 23829A1-046-----S
- 23829A1-047-----S

- 23829A1-048-----S
- 23829A1-049-----S
- 23720C1-068-----C
- 23720C1-086-----C

ricadono in **aree R4**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Molto Elevato.

CONCLUSIONI

La presente Relazione Geologica preliminare, con annessa valutazione di compatibilità idrogeologica, costituisce documento integrante del progetto di potenziamento di due elettrodotti esistenti da 132 kV, appartenenti rispettivamente alle tratte “Bondeno – Ferrara Cassana” e “Ferrara Cassana – Ferrara ZI”.

L'intervento analizzato è collegato nello specifico alla realizzazione della connessione elettrica a 36 kV dell'impianto agrivoltaico promosso dalla società **DELTA GEMINI Srl** alla futura **Stazione Elettrica RTN 132/36 kV Bondeno** (CP 202405416).

L'opera si sviluppa lungo un asse orientato da Ovest a Est, interessando i territori comunali di **Bondeno (FE)**, **Vigarano Mainarda (FE)** e **Ferrara (FE)**. La localizzazione è dettagliatamente rappresentata nella **Tavola di Inquadramento CTR in scala 1:25.000 (Tav. n. 1024-PRF-D06)**, parte integrante della documentazione di progetto.

Lo studio oggetto della presente relazione è inerente esclusivamente al potenziamento degli elettrodotti RTN a 132 kV “Bondeno – Ferrara Cassana” e “Ferrara Cassana – Ferrara ZI”, prevista da STMG (CP 202405416) con target di portata estiva minima di 700 A.

All'interno di questa analisi è stata svolta una valutazione tecnica idrogeologica preliminare finalizzata alla verifica preventiva della compatibilità dell'intervento con il contesto territoriale di riferimento. Tale verifica si rende necessaria per garantire la sicurezza ambientale e infrastrutturale dell'area interessata, in relazione alle specifiche tecniche dell'opera e alla sua collocazione.

La verifica è stata effettuata consultando le Tavole di Delimitazione delle Fasce Fluviali del P.A.I., dell'Autorità del Bacino Distrettuale del Fiume Po, approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 Maggio 2001 ed aggiornato al 2014, che costituisce, ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della Legge 183/89 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”, il solo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso

finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

Da questa cartografia sono state tratte le Tavole, alla scala 1:10.000, prodotte ed allegate alla restante documentazione relativa alla procedura autorizzativa, la 1024-PRF-D16.

Inoltre, sono state consultate le Carte della Pericolosità Idraulica e le Carte del Rischio Idraulico del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), ai sensi della Direttiva Europea n. 2007/60/CE del 23 ottobre 2007, recepita dal D.Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49; il piano è stato adottato dal Comitato Istituzionale con deliberazione n. 4 del 17 dicembre 2015 ed è stato approvato dal Comitato Istituzionale con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016. L'ultimo aggiornamento risale al 16 marzo 2020.

È opportuno ricordare, a titolo di chiarimento, che le mappe di pericolosità PGRA rappresentano il quadro conoscitivo previsto dai P.A.I., ai quali sono associate specifiche Norme di Attuazione. Da questa cartografia derivano le Tavole in scala 1:10.000, che sono state prodotte e allegate alla documentazione relativa alla procedura autorizzativa, nello specifico le Tavole n. 1024-PRF-D10, Fogli 1-28 (Pericolosità Idraulica) e le Tavole n. 1024-PRF-D10, Fogli 29-35 (Rischio Idraulico). Dall'analisi di tale cartografia, riferita all'Opera in progetto, si evidenziano le seguenti considerazioni.

In merito alle Tavole di Delimitazione delle Fasce Fluviali del P.A.I., unico strumento vincolante previsto dalla normativa vigente, gli estratti contenuti nelle Tavole n. 1024-PRF-D16-00, indicano che l'intera area di intervento ricade all'interno della **Fascia Fluviale C**, corrispondente all'area di inondazione per piena catastrofica. All'interno di tale fascia, secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico Edilizio del Comune di Ferrara (applicabili anche ai Comuni di Bondeno e Vigarano Mainarda), all'art. 118, comma 4 – Aree a rischio di allagamento –, si prevede che:

« qualsiasi intervento di modificazione plano-altimetrica del suolo, ivi comprese la realizzazione di infrastrutture stradali e di sottoservizio, dovrà essere accompagnato da adeguato studio che verifichi l'effetto dell'intervento in funzione dell'evento oggetto del rischio;».

Tuttavia, si ritiene con ragionevole certezza che l'Opera in progetto non comporterà alterazioni plano-altimetriche significative.

Per ciò che concerne l'analisi delle Carte della Pericolosità Idraulica del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), dalle Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 1 a 7, che riportano lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A. per quanto riguarda il reticolo principale Po, da cui si può osservare come tutti i sostegni siano posizionati in **aree P1**, contraddistinte quindi da una bassa probabilità di alluvioni.

Le Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 8 a 14, riportano lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A. per quanto riguarda il reticolo principale Reno, da cui si può osservare come quasi tutti i sostegni siano posizionati in **aree P3**, contraddistinte quindi da una alta probabilità di alluvioni.

Eccezione viene fatta per i sostegni: 23829A1-034-----S, 23829A1-035-----S, 23829A1-036-----S, 23829A1-037-----S, 23829A1-038-----S, 23829A1-039-----S, 23829A1-040-----S, 23829A1-041-----S, 23829A1-042-----S, 23829A1-043-----S, 23829A1-044-----S, 23720C1-093-----C, 23720C1-094-----C, 23720C1-095-----C, 23720C1-096-BON—C ubicati in **aree P2**, contraddistinte quindi da una media probabilità di eventi alluvionali.

Infine, sempre per quanto concerne il reticolo primario Reno, i sostegni: 23829A1-000-FZI—S, 23829A1-001-A----S, 23829A1-002-A----S, 23829A1-003-A----S, 23829A1-004-A----S, 23829A1-005-A----S, 23829A1-006-A----S, 23829A1-007-A----S, 23829A1-008-A----S, 23829A1-028-----S, 23829A1-029-----S, 23829A1-030-----S, 23829A1-031-----S, 23829A1-032-----S, 23829A1-033-----S non ricadono in nessuna delle 3 aree.

Le Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 15 a 21, riportano lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A. per quanto riguarda il reticolo secondario Po, da cui si può osservare come quasi tutti i sostegni siano posizionati in **aree P2**, contraddistinte quindi da una media probabilità di alluvioni.

Eccezione fatta per i pali: 23829A1-041-----S, 23829A1-042-----S, 23720C1-091-----C ricadenti in **aree P3**, contraddistinte quindi da una alta probabilità di alluvioni.

Conseguentemente, dalle Tavole n. 1024-PRF-D10-00, Fogli da 29 a 35, che riportano lo stralcio della Carta del Rischio Idraulico del P.G.R.A., che rappresenta il risultato dell'incrocio fra le mappe delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità e gli elementi esposti censiti raggruppati in classi di danno potenziale omogenee, si può osservare come i sostegni: 23829A1-002-A----S, 23829A1-003-A----S, 23829A1-004-A----

S, 23829A1-005-A----S, 23829A1-006-A----S, 23829A1-007-A----S, 23829A1-008-A----S, 23829A1-028-----S, 23829A1-029-----S, 23829A1-030-----S, 23829A1-031-----S, 23829A1-032-----S, 23829A1-033-----S ricadano in **aree R1**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Moderato.

Le Tavole n. 1024-PRF-D10-00 mostrano inoltre che i sostegni: 23829A1-040-----S, 23720C1-095-----C, 23720C1-096-BON—C ricadono in **aree R3**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Elevato, e che i sostegni: 23829A1-046-----S, 23829A1-047-----S, 23829A1-048-----S, 23829A1-049-----S, 23720C1-068-----C, 23720C1-086-----C ricadono in **aree R4**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Molto Elevato. I rimanenti sostegni ricadono in **aree R2**, caratterizzate da uno scenario di Rischio Medio.

Per quanto concerne la valutazione della **Pericolosità e del Rischio Geomorfologico**, si evidenzia che le aree coinvolte dall'intervento risultano significativamente distanti da contesti soggetti a fenomeni di instabilità geomorfologica. In considerazione di tale condizione di assenza di criticità, **non si è ritenuto necessario elaborare una cartografia tematica specifica relativa a tale aspetto.**

5 BIBLIOGRAFIA

- AMOROSI A. & FARINA M. (1995) - *Large-scale architecture of a thrust-related alluvial complex from subsurface data: the Quaternary succession of the Po Basin in the Bologna area (northern Italy)*. Giornale di geologia, 57: 3-16;
- BIGI, G., COSENTINO, D., PAROTTO, M., SARTORI, R., SCANDONE, P., (1990). *Structural model of Italy* - Sheet n°1, in: Castellarin, A., Coli, M., Dal Piaz, G.V., Sartori, R., Scandone, P., Vai, G.B. (Eds.), *Structural model of Italy*. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica, Roma;
- BOCCALETTI, M., BONINI, M., CORTI, G., GASPERINI, P., MARTELLI, L., PICCARDI, L., SEVERI, P., VANNUCCI, G., (2004). *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*. SELCA, Firenze;
- CERRINA FERONI, A., OTTRIA, G., MARTINELLI, P., MARTELLI, L., CATANZARITI, R., (2002). *Carta geologico-strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, 1:250.000*. SELCA, Firenze; CORRADO, S., ALDEGA, L., ZATTIN, M., (2010). *Sedimentary vs. tectonic burial and exhumation along the Apennines (Italy)*. Journal of the Virtual Explorer 36;
- CORREGGIARI A., ROVERI M., TRINCARDI F. (1992) - *Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea*. In: Late-Glacial and early Holocene climatic and environmental changes in Italy. Il Quaternario: Italian Journal of Quaternary Sciences, 9, 697-704;
- Database Macrosismico Italiano DBMI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>);
- ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci (<https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>);
- DISS – Database of Individual Seismogenetic Source (<https://diss.ingv.it/>);
- ELTER, P., GIGLIA, G., TONGIORGI, M., TREVISAN, L., (1975) - *Tensional and compressional areas in the recent (Tortonian to present) evolution of the Northern Apennines*. Boll. Geofis. Teor. Appl 17, 3-18;
- FARABEGOLI, E., ONOREVOLI, G., BACCHIOCCHI, C., (2004) - *Numerical simulation of Holocene depositional wedge in the southern Po Plain-northern Adriatic Sea (Italy)*. Quaternary International 120, 119-132;

- FARINA M., SIMONI M., FRONTINI S., TOFFALETTI N., ANZALONE C., BERGONZONI A., BOTTARELLI M., GUADAGNINI L. (2001) – *W-Sahara European Project* – Annual Report.
- Modello di pericolosità sismica MPS04 (ingv.it);
- <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it>;
- PIERI, M., GROPPI, G. (1975) - *The structure of the base of the Pliocene-Quaternary sequence in the subsurface of the Po and Veneto Plains, the Pedepennine Basin and the Adriatic Sea*. Structural model of Italy, Quaderni de "La Ricerca Scientifica" 90, 409-415;
- PIERI, M., GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain*, CNR, P.F. Geodin., Publication n.414, 278-286;
- RICCI LUCCHI F., ORI G.G. (1985) – *Field excursion D: syn-orogenic deposits of a migrating basin system in the NW Adriatic Foreland*. In: P.H. Allen, P. Homewood, G. Williams (eds.) "*Excursion Guidebook*". Foreland Basins Symposium. Fribourg, 137-176.1982
- RICCI LUCCHI F., COLALONGO M.L., CREMONINI G., GASPERI G., IACCARINO S., PAPANI G., RAFFI I., RIO D. (1982) – *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica del margine appenninico*. In: Cremonini g & Ricci Lucchi F. (eds.) *Guida alla geologia del margine appenninico-padano*. Guide geologiche Regionali Soc. Geol. Ital., 17-46.
- Sito Web ISPRA – Istituto Superiore Per la Ricerca e Protezione Ambientale (http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?title=ITA_Indagini_sottosuolo464&resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS);
- TOSCANI, G., BURRATO, P., DI BUCCI, D., SENO, S., VALENSISE, G., (2009) – *Plio-Quaternary tectonic evolution of the Northern Apennines thrust fronts (Bologna-Ferrara section, Italy): seismotectonic implications*. Bollettino della Società Geologica Italiana 128.