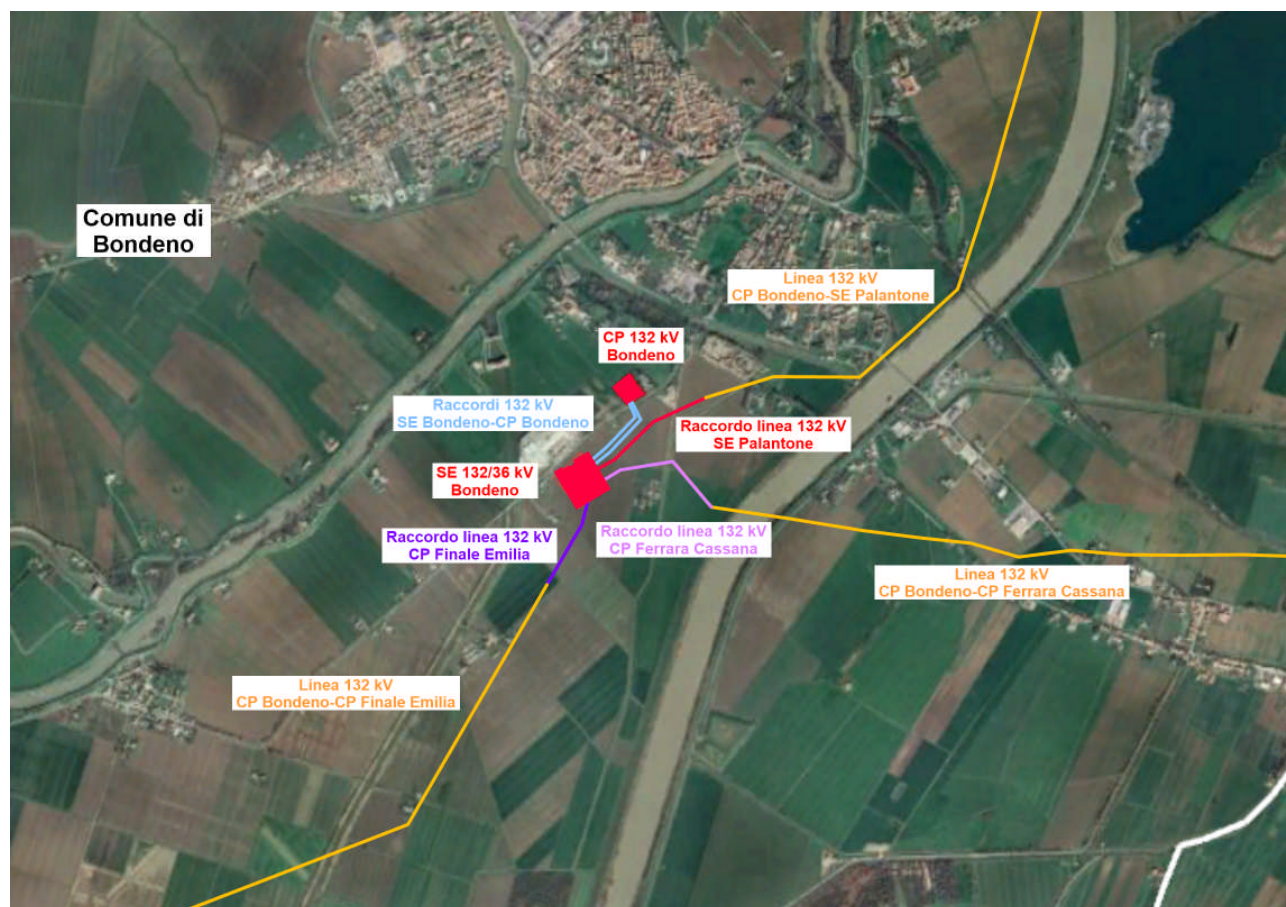


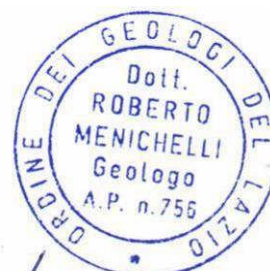
					
B	Luglio 25	Geologo	013	093	Revisione generale
A	Giugno 25	Geologo	013	093	Emissione per autorizzazione
REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
CODICE PRATICA CAPOFILA				TIPOLOGIA IMPIANTO CAPOFILA / POTENZA IN IMMISSIONE	
C.P. 202201461				IMPIANTO FOTOVOLTAICO 56 MW	
CAPOFILA					
Bondeno Srl Via Mike Bongiorno, 13 20124 - Milano Partita IVA 05496160283				SE 132/36 kV BONDENO	
INGEGNERIA & COSTRUZIONI				TITOLO	
				RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE E DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA	
SCALA	FORMATO	FOGLIO / DI		N. DOCUMENTO	
-	A4	0 / 35		5 1 6 4 1 7 B	

Comune di Bondeno (FE)



RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE E DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE RTN 132/36 KV “BONDENO” E RACCORDI

Il Tecnico
Dott. Geol. Roberto Menichelli



Roberto Menichelli

Roma, Giugno 2025

INDICE

1	PREMESSA	3
2	GEOLOGIA.....	4
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	4
2.2	GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO	10
2.3	GEOMORFOLOGIA E IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	13
2.4	IDROGEOLOGIA.....	16
3	SISMICITÀ.....	22
3.1	SISMICITÀ STORICA	22
3.2	SORGENTI SISMOGENETICHE.....	24
3.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	26
4	COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA (P.A.I. E P.G.R.A.)	29
4.1	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.).....	30
4.2	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DELLE ALLUVIONI (P.G.R.A.).....	31
5	CONCLUSIONI	32
6	BIBLIOGRAFIA	35

1 PREMESSA

Il progetto di cui tratta la presente Relazione Geologica preliminare e di compatibilità idrogeologica è relativo alla realizzazione della nuova Stazione Elettrica di trasformazione RTN 132/36 kV “Bondeno” e dei relativi raccordi alle linee RTN a 132 kV “Finale Emilia – Bondeno”, “Bondeno – Ferrara Cassana” e “Bondeno – Palantone con deriv. Pilastresi All.”, oggi afferenti alla Cabina Primaria di Bondeno.

Tutte le sopraelencate opere sono ubicate nel Comune di Bondeno (FE), così come riportato nella Tavola di Inquadramento CTR, alla scala 1:2.000, Tavola n. 516432, prodotta ed allegata unitamente alla restante documentazione.

Le Opere in oggetto verranno realizzate nell'ambito del progetto di connessione a 36 kV dell'impianto fotovoltaico della società Bondeno Srl alla futura Stazione Elettrica RTN 132/36 kV “Bondeno” (CP 202201461).

Lo studio oggetto della presente Relazione è inerente esclusivamente alla Stazione Elettrica di trasformazione 132/36 kV “Bondeno” della RTN, funzionale sia alla connessione di diversi impianti di produzione che alla magliatura della rete.

La stazione sarà pertanto dotata anche del nuovo livello di tensione 36 kV, così come previsto dal Codice di Rete per impianti di produzione con potenze fino a 100 MW.

Secondo quanto previsto dal DLgs 190/2024 e ss.mm.ii la Società Bondeno 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 mediante due trasformazioni 132/36 kV.

La presente Relazione Geologica pertanto costituisce parte integrante della documentazione inerente alla procedura autorizzativa per la realizzazione delle summenzionate 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. 516436, Foglio 1, e gli stralci delle Carte della Pericolosità Idraulica e del Rischio Idraulico, tratte dal P.G.R.A., riportati rispettivamente nelle Tavola n. 516436, Fogli 2 e 3, alla scala 1:2.000, è allegata alla restante documentazione prodotta relativa alla summenzionata procedura autorizzativa.

2 GEOLOGIA

Le indagini preliminari relative al presente lavoro, al fine di definire al meglio gli aspetti geologici generali del settore in esame, sono consistite essenzialmente nella ricerca dei dati bibliografici e cartografici esistenti, relativi all'assetto geo-litologico-stratigrafico dell'area investigata.

In particolare ci si è avvalsi, oltre alle altre pubblicazioni riportate in bibliografia, della seguente cartografia ufficiale:

- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 75 "Mirandola" e relative Note Illustrative (LIPPARINI *et al.*, 1956),
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 76 "Ferrara" e relative Note Illustrative (ACCORDI *et al.*, 1955).

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area in esame è ubicata nel Comune di Bondeno (FE) nel territorio della Pianura emiliano-romagnola, parte della Pianura Padana, limitata a Nord dall'asta del fiume PO, formatasi grazie al progressivo riempimento, avvenuto a partire dal Pliocene, del Bacino Padano, vasta depressione delimitata a Sud dai rilievi appenninici ed a Nord da quelli alpini.

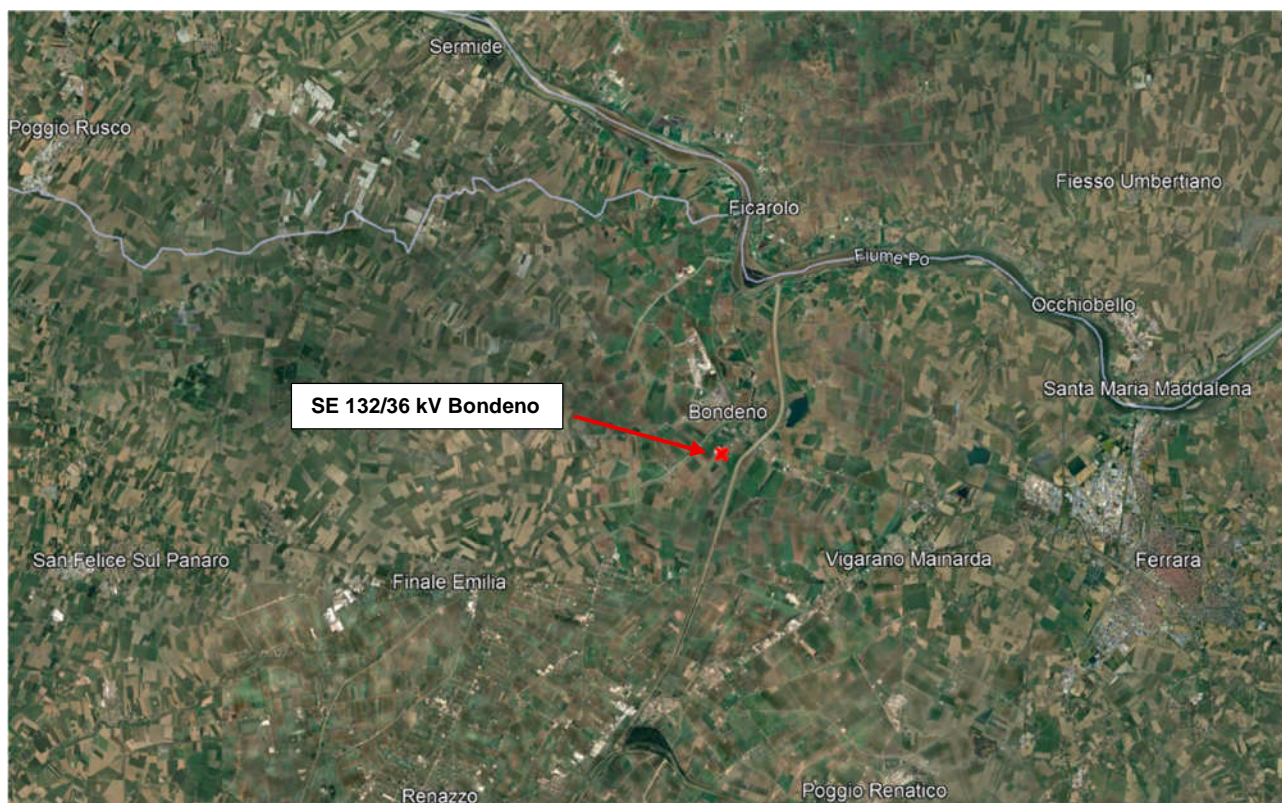


Figura 2-1 – Ubicazione geografica del sito in progetto (Google Earth)

In particolare la Regione compresa tra la dorsale dell'Appennino settentrionale e l'asse del fiume Po è costituita da tre domini della Microplacca Adriatica (Cerrina Feroni *et al.*, 2002; Farabegoli *et al.*, 2004; Pieri & Groppi, 1981):

- L'Appennino esposto, sollevato sopra il livello medio del mare;
- L'Appennino sepolto, ricoperto dai depositi della Pianura Padana e dell'Alto Adriatico;
- l'Avanpaese Appennino-Dinarico, lievemente deformato.

L'Appenninico Settentrionale è contraddistinto da una complessa deformazione crostale (Elter *et al.*, 1975), caratterizzata da un sensibile raccorciamento plio-pleistocenico lungo i fronti più esterni, mentre contemporaneamente i settori interni sono sottoposti ad estensione, come attualmente ben documentato dai meccanismi focali associati a terremoti recenti (Figura 2-2).

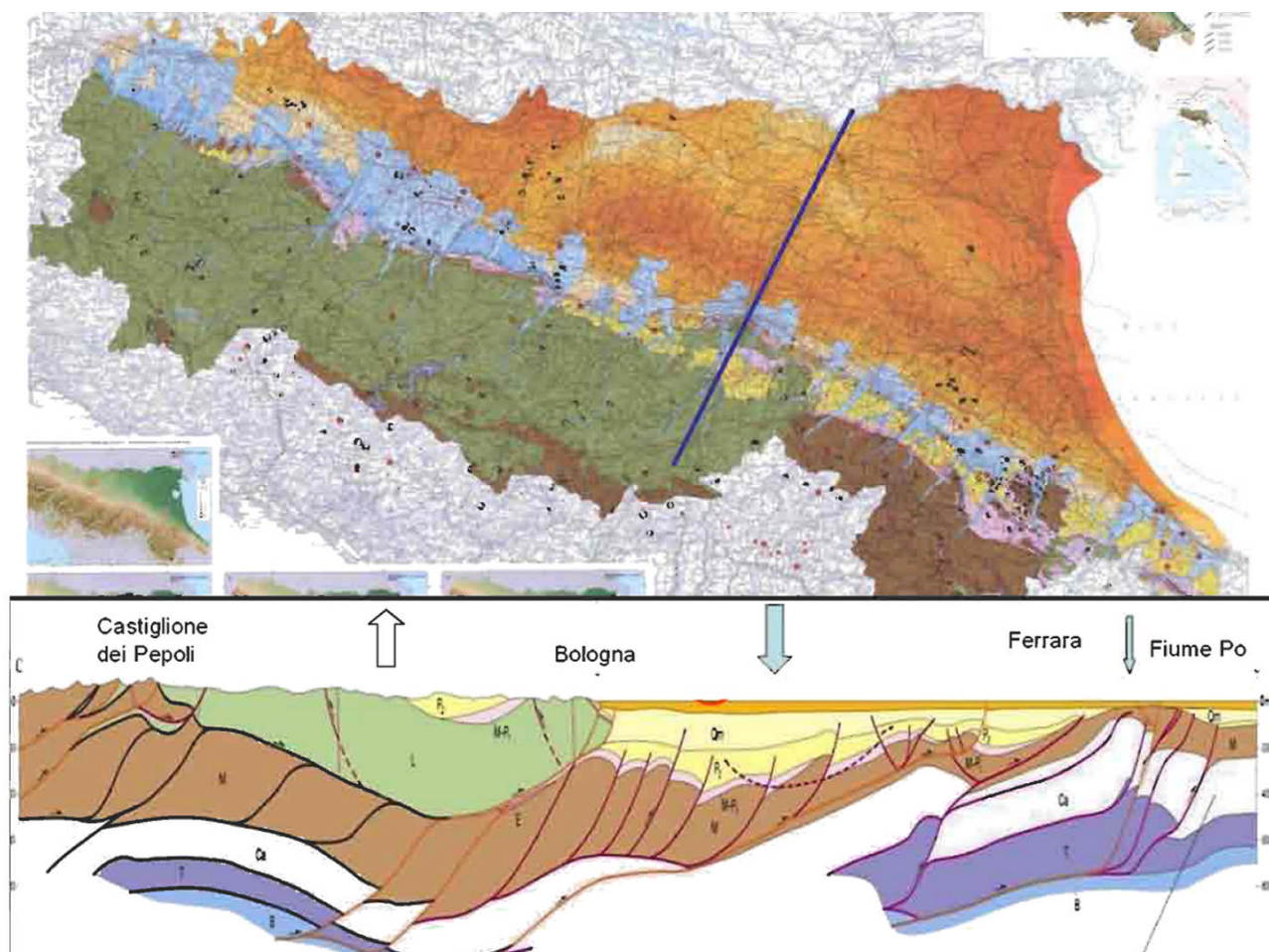


Figura 2-2 – Sezione geologico-strutturale della Pianura Padana ottenuta da dati di superficie e di sottosuolo (da Severi, 2012)

Per quanto concerne l'assetto strutturale delle successioni sepolte pre-pleistoceniche presenti nel sottosuolo della Pianura Padana, numerosi profili di sismica a riflessione

realizzati per la ricerca di idrocarburi hanno permesso di riconoscere una complessa serie di pieghe e sovrascorrimenti a geometria arcuata e vergenza mediamente verso Nord - Nord-Est (Bigi *et al.*, 1990; Boccaletti *et al.*, 2004; Cerrina Feroni *et al.*, 2002; Pieri & Groppi, 1975, 1981).

A scala di maggior dettaglio, è possibile riscontrare all'interno del fronte più esterno della catena appenninica la presenza di due archi maggiori, con concavità rivolta verso il margine appenninico (Pieri & Groppi, 1975), denominati "Arco delle Pieghe Emiliane", ad Ovest, ed "Arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole", ad Est (Figura 2-3).

L'area di studio si trova in corrispondenza di un alto anticlinale, bordato, a Nord e a Sud, da strutture sinclinaliche. Tali strutture sono ben visibili nei profili di sismica a riflessione prodotti negli anni '50 dalla Società Petrolifera Italiana (ora ENI-AGIP) e nelle diverse interpretazioni geologiche degli stessi, proposte in letteratura (es. Bigi *et al.*, 1990; Boccaletti *et al.*, 2004; Cerrina Feroni *et al.*, 2002; Corrado *et al.*, 2010; Pieri & Groppi, 1981; Toscani *et al.*, 2009).

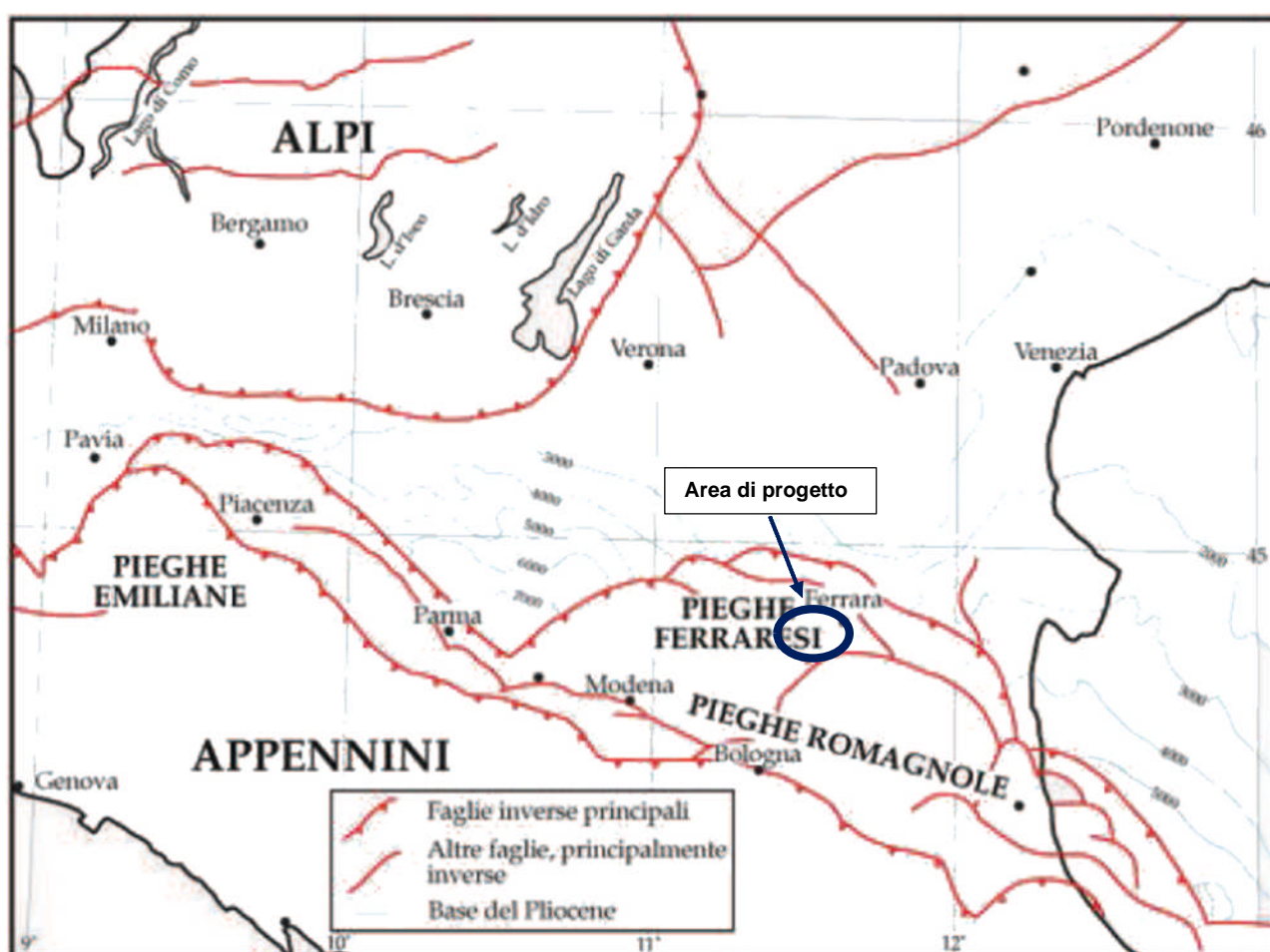


Figura 2-3 – Carta strutturale semplificata della Pianura Padana ottenuta da dati di superficie e di sottosuolo (da Pieri & Groppi, 1975). Modificata da Burrato *et al.*, (2003)

L'architettura stratigrafica dei depositi plio-quadernari è influenzata dalla deformazione di queste fasce di sovrascorrimenti sepolti e presenta quindi spessori massimi nelle depressioni strutturali e minimi sulle anticlinali sepolte (Correggiari *et al.*, 1992; Amorosi *et al.*, 1997 a, b; Di Dio & Caporale, 1998; Di Dio & Molinari, 2000).

La gran parte di tali sedimenti plio-quadernari, che affiorano sulla superficie della Pianura emiliano-romagnola, sono recenti (età olocenica, meno di 10.000 anni), molti dei quali si sono depositati negli ultimi duemila anni (dopo la caduta dell'Impero Romano). Essi derivano dalla complessa relazione fra il fiume Po, a Nord, i fiumi appenninici, a Sud ed il Mare Adriatico, a Est. Per questo motivo la Pianura emiliano-romagnola contiene una grande varietà di depositi comprendenti: le conoidi e le piane alluvionali dei fiumi appenninici, la piana a meandri del Po, la piana costiera, il delta e le fronti deltizie, ecc.

La sua configurazione attuale dipende, come detto, anche dalla storia geologica dell'intera regione Nord-italiana. Le catene montuose delle Alpi e degli Appennini, sollevandosi per le spinte tettoniche che le hanno generate, hanno progressivamente allontanato il mare dall'antico golfo padano. Questo braccio di mare, oggi scomparso, si è riempito di sedimenti portati dai fiumi a partire da circa 600.000 anni fa fino a formare l'attuale pianura alluvionale.

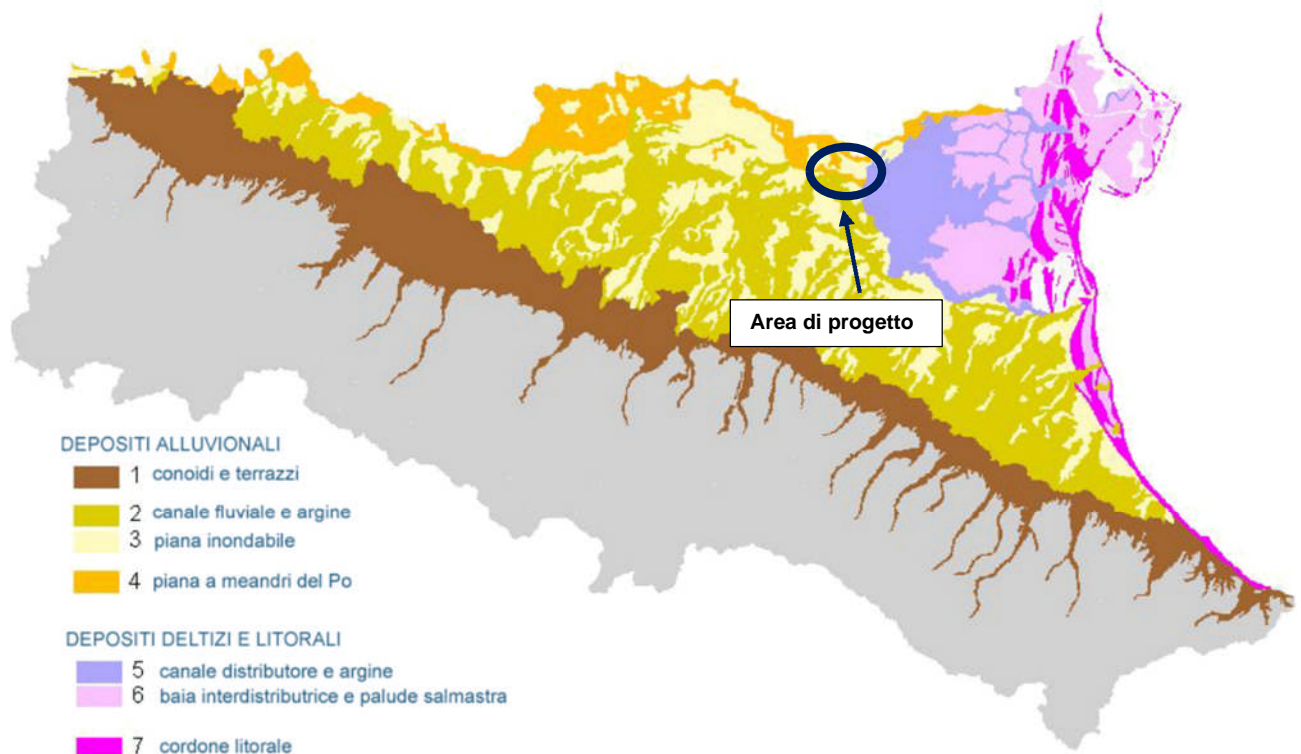


Figura 2-4 – Ambienti deposizionali della Pianura emiliano-romagnola (Regione Emilia-Romagna)

Anche il clima e le variazioni del livello del mare hanno avuto un ruolo determinante nella costruzione della Pianura Padana. L'alternanza di climi caldi e freddi, di stagioni

piovose e aride, di innalzamenti ed abbassamenti del livello marino, che hanno caratterizzato tutto il periodo Quaternario, hanno condizionato la quantità di sedimento trasportato dai fiumi, lo sviluppo dei loro delta e delle coste. Il tipo di sedimenti che costituiscono la struttura del sottosuolo della pianura e la loro distribuzione in profondità, registra anche questo aspetto della storia geologica dell'area in esame.

Il bacino sedimentario della Pianura Padana ha una storia geologica lunga e complessa. Non si hanno informazioni sul basamento e sulla sedimentazione pre-Norico in questo dominio (nessun pozzo ha raggiunto una formazione più antica della Dolomia Principale), tuttavia è possibile ipotizzare che l'ambiente di sedimentazione fosse simile, e probabilmente comune, a quello del Dominio Subalpino.

La sequenza sedimentaria sarebbe quindi costituita da depositi marini che nel Permiano-Triassico inferiore si depositano sul basamento ercinico e che vengono ricoperti a loro volta da depositi di piattaforma e di bacino intra-piattaforme.

Questi depositi fanno parte del dominio geologico della Placca Apulo-Adriatica che è caratterizzato prevalentemente da rocce carbonatiche di età che va dal Triassico al Paleogene.

Tale successione è stata in seguito ricoperta da rocce terrigene prevalentemente di tipo flyschoidi (sin-orogeniche) depositatesi nell'avanfossa della catena Appenninica (nella zona meridionale del bacino) e Alpina (nella zona settentrionale del bacino).

I depositi più antichi, raggiunti dai pozzi della parte più orientale della Pianura Padana, hanno età Norica e le successioni appartengono alla Dolomia Principale.

La sedimentazione del Lias è differenziata tra la parte occidentale del dominio Subalpino e quella orientale; infatti, nella parte occidentale si ha lo sviluppo di calcari depositi in ambiente di piattaforma carbonatica aperta, mentre nella parte orientale l'ambiente di sedimentazione è più tipicamente bacinale; nella parte occidentale l'ambiente di piattaforma perdura per tutto il Giurassico ed il Cretacico inferiore, mentre nella parte centro-orientale si sedimenta una serie bacinale con caratteristiche via via più profonde.

Durante il Malm, il bacino raggiunge la massima profondità, testimoniata dalla formazione di litotipi a radiolariti a cui seguono i calcari con selce.

Il resto del Cretacico mostra, nella parte occidentale della piattaforma, evidenti segni di emersione, con intensi fenomeni di erosione e carsificazione.

Al di sopra delle superfici di erosione si trovano sedimenti del Terziario, caratterizzati inizialmente da depositi carbonatici (Scaglia membro calcareo) che passano alla fine dell'Eocene a depositi di tipo clastico terrigeno.

Questo rappresenta un passaggio importante in quanto si verifica un cambiamento nei caratteri deposizionali.

Infatti, la sedimentazione che era stata fino ad allora essenzialmente carbonatica, sempre più pelagica e priva di significativi apporti terrigeni, diviene improvvisamente clastica con potenti formazioni di torbiditi arenacee che compaiono prima nelle zone più occidentali, per poi spostarsi progressivamente verso quelle orientali.

Anche se alimentate longitudinalmente da rilievi relativamente lontani, risulta evidente il carattere di avanfossa in relazione con l'avanzare dell'orogenesi nell'Appennino.

Il Paleocene ed il Miocene medio/superiore sono rappresentati quasi ovunque da litotipi terrigeni di tipo arenaceo-argilloso.

In particolare il Miocene medio-superiore è contraddistinto dalla deposizione della formazione Marnoso Arenacea, la quale presenta spessori notevoli ed è caratterizzata da litologie prevalentemente sabbiose organizzate in spesse bancate depostesi in ambiente marino di avanfossa.

Durante il Miocene la fase tettonica Neoalpina, che porta alla formazione della catena appenninica influenza fortemente la sedimentazione.

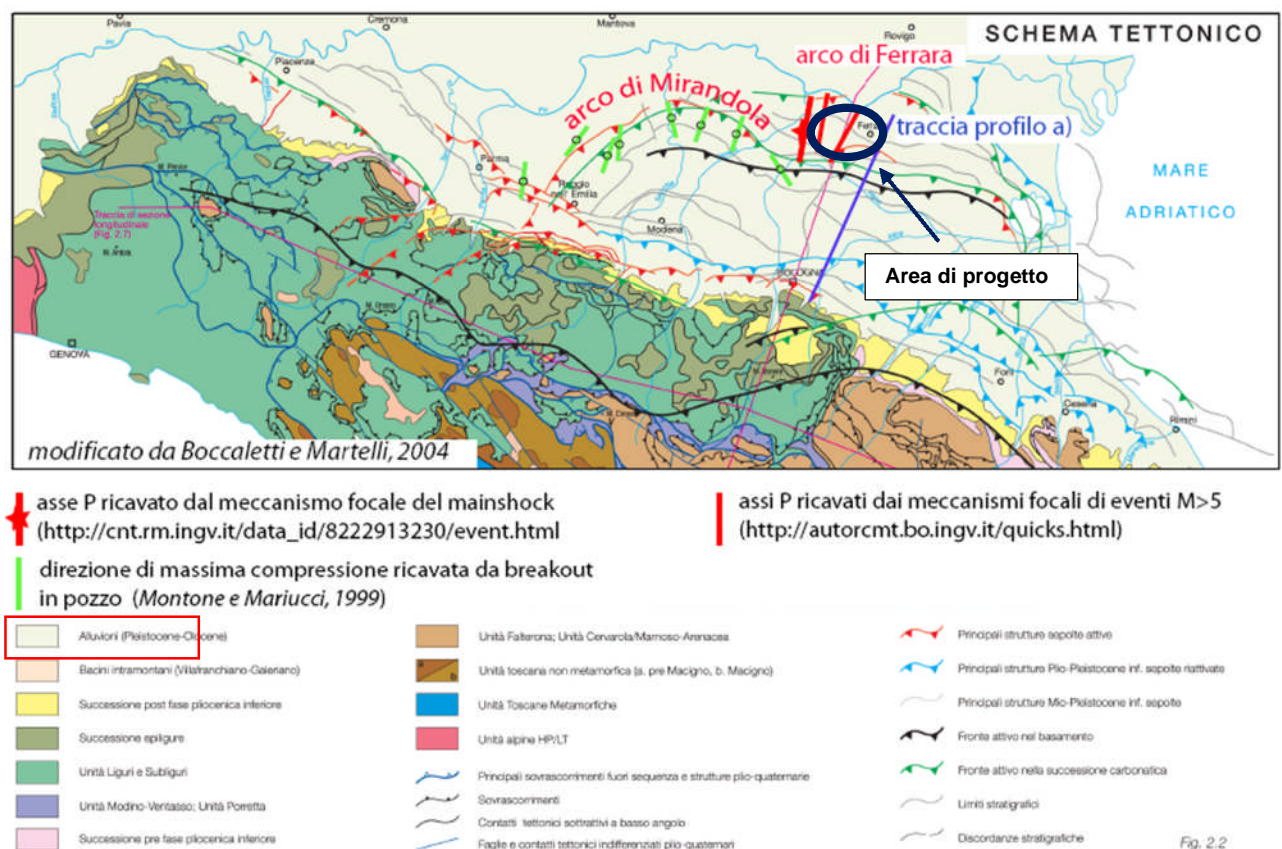


Figura 2-5 – Schema geologico della Pianura Padana con evidenziata l'area di studio

Infatti la migrazione verso NE dell'avanfossa della catena provoca la sedimentazione in "eteropia di facies" di alternanze di marne ed arenarie (nella parte meridionale) e di sole marne nella parte più distale (settentrionale).

Parte del Messiniano (Miocene superiore) è anch'esso caratterizzato dalla deposizione di bancate di sabbie intervallate da depositi più fini (formazione di Cortemaggiore).

Successivamente alla fase evaporitica Messiniana, l'area incomincia ad essere deformata dall'orogenesi, portando alla formazione di alti strutturali che incanalano le correnti di torbida: infatti nei depocentri si sedimentano alternanze di sabbie e argille, mentre sugli alti si depositano solo peliti.

Durante il Pleistocene la sedimentazione torna prevalentemente clastica.

In affioramento, come già menzionato, l'area è caratterizzata esclusivamente da depositi sedimentari risalenti al Quaternario.

2.2 GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO

Il riempimento del bacino padano è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un cuneo sedimentario fluvio-deltizio, ricoperto al tetto da depositi continentali.

Tale riempimento è il risultato di eventi tettonico-sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza e ridotti movimenti delle strutture compressive.

I depositi continentali affioranti nella pianura ferrarese sono costituiti dai sedimenti della "Piana alluvionale del Po", che caratterizza i territori più Nord-occidentali del Comune di Ferrara e si estende anche oltre i confini amministrativi interessando i vicini comuni di Vigarano Mainarda e Bondeno

Il fiume a cui si fa riferimento sopra è l'antico Po di Ferrara che, prima della sua definitiva decadenza, ha dato luogo alla costruzione della pianura alluvionale attraverso ripetute esondazioni.

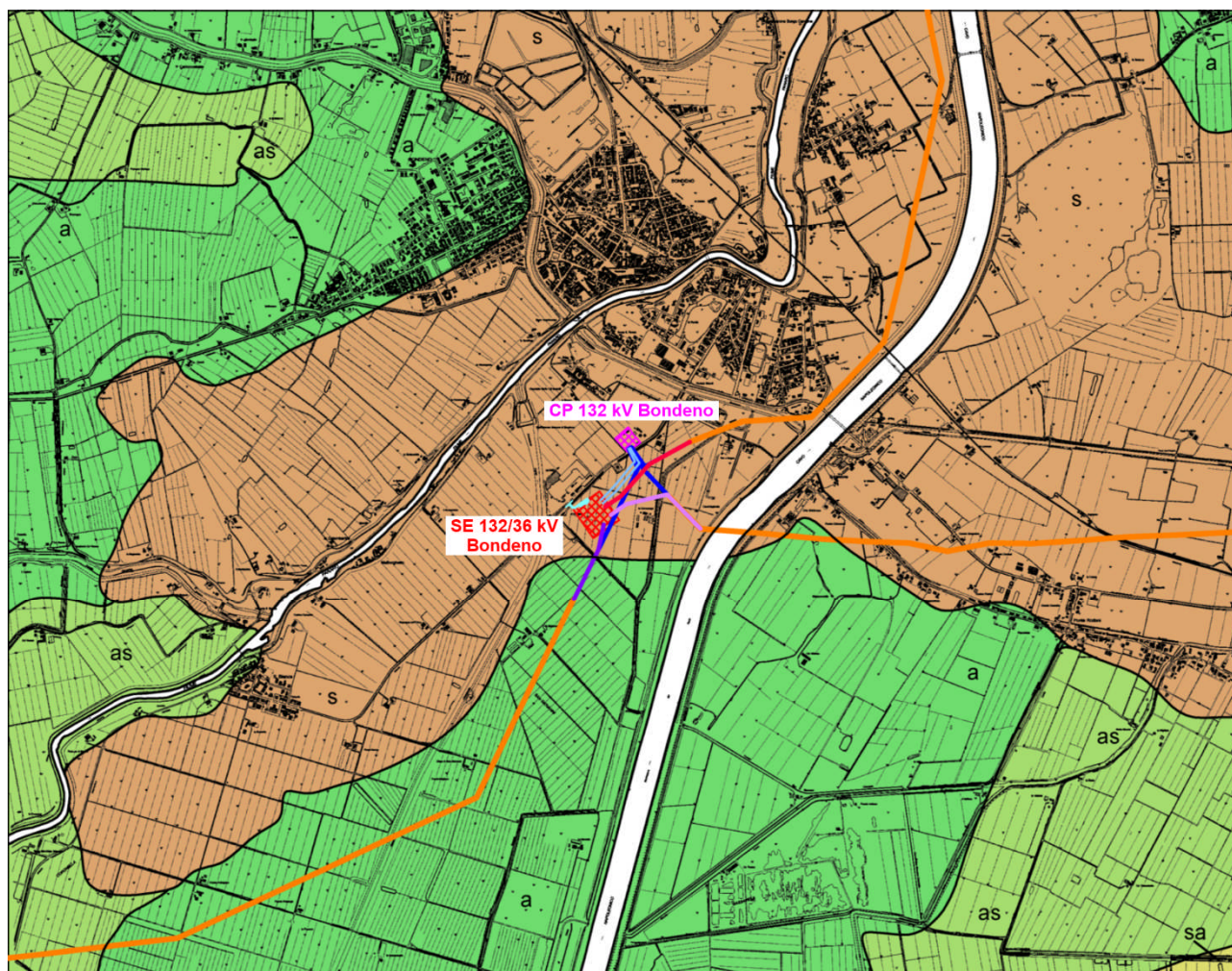
All'interno dell'ambiente di piana alluvionale si possono distinguere tre facies deposizionali relative a:

- "Canale fluviale": sedimenti sabbiosi e limosi che costituiscono gli antichi alvei del Po di Ferrara e dei corsi d'acqua ad esso associati.
- "Argine e ventaglio da rotta": sedimenti sabbiosi e limosi che si rinvencono in corrispondenza di argini naturali e di ventagli di rotta, presenti ad esempio presso Castel Trivellino in località Case Ravizza o nelle campagne a Nord di Porotto e Cassana.

- “Piana inondabile”: sedimenti limosi e argillosi depositi in ambienti altimetricamente depressi come le piane interposte tra alvei e paleolvei; questi depositi sono molto diffusi nella parte Nord-occidentale del territorio comunale e, oltre i confini amministrativi, presso i Comuni di Vigarano Mainarda e Bondeno. In queste zone è presente anche una facies deposizionale che non compare nell’area di studio, che consiste in “Argille organiche e torbe di piana inondabile”.

Come si può osservare nello stralcio riportato alla pagina seguente, tratto dai Fogli 75 “Mirandola” e 76 “Ferrara” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000, nell’area in cui sorgeranno le Opere oggetto della presente Relazione Geologica, i depositi alluvionali olocenici sono costituiti, in particolare, da alternanze di sabbie fini e finissime, spesso argillose, in strati da sottili a spessi, e argille, frequentemente sabbiose, in strati da molto sottili a medi.

Data la modalità deposizionale, di ambito fluviale ed afferente alla presenza di paleo-alvei sepolti, i passaggi litologici sono sempre in eteropia sia laterale sia verticale.



CARTA GEOLOGICA LEGENDA

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi - (Olocene) | | Strada di accesso SE 132/36 kV Bondeno |
| | Depositi alluvionali sabbioso-argillosi (Olocene) | | Linee AT esistenti |
| | Depositi alluvionali argilloso-sabbiosi (Olocene) | | Tracciato linee AT esistenti da demolire |
| | Depositi alluvionali prevalentemente argillosi - (Olocene) | | Raccordi 132 kV SE Bondeno - CP Bondeno |
| | Area SE 132 kV Bondeno | | Raccordo linea 132 kV SE Palantone |
| | Area CP 132 kV Bondeno | | Raccordo linea 132 kV CP Ferrara Cassana |
| | | | Raccordo linea 132 kV CP Finale Emilia |

0 500 m 2,5 km 5 km

Figura 2-6 – Stralcio Carta Geologica tratto dai Fogli 75 “Mirandola” e 76 “Ferrara” della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000

2.3 GEOMORFOLOGIA E IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'analisi dell'assetto altimetrico dell'area oggetto di studio ha messo in evidenza un fenomeno che è caratteristico delle aree di piana alluvionale e quindi di tutta la zona padana, dove aree a maggior altimetria, costituite dai paleoalvei principali, si elevano rispetto alla piana circostante.

Le diverse altimetrie si spiegano considerando che i fiumi, percorrendo una zona sub pianeggiante, hanno bassa velocità di deflusso, bassa energia netta per il trasporto e tendono quindi principalmente alla sedimentazione.

La deposizione dei sedimenti più grossolani in carico fa sì che l'alveo tenda a sopraelevarsi rispetto al piano campagna circostante; in occasioni di piene particolari, possono avvenire fenomeni di rotta con conseguente fuoriuscita di acque, le quali, espandendosi, perdono via via velocità ed energia, andando a sedimentare i materiali più grossolani (sabbie e sabbie limose) in aree immediatamente circostanti il punto di rotta ed andando a sedimentare i materiali più fini (limi ed argille) nelle aree interfluviali più distanti (Figura 2-8).

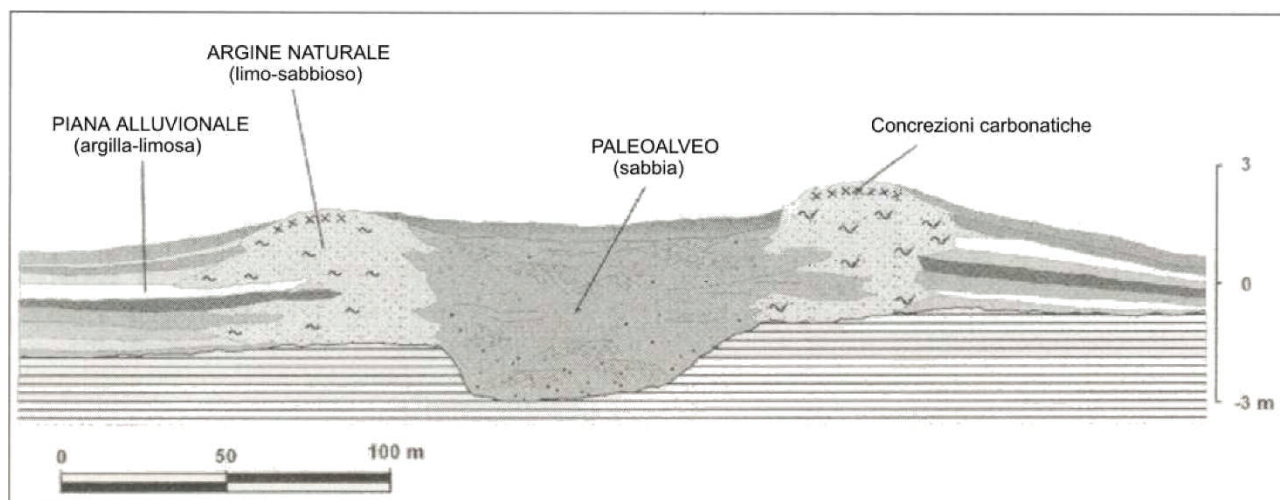


Figura 2-7 – Sezione schematica di un paleoalveo

Tale dinamica deposizionale ha caratterizzato il territorio in esame in passato, quando è stato spesso interessato da fenomeni di questo tipo, con la deposizione di sedimenti sabbiosi, in posizione elevata rispetto al piano campagna a causa della vicinanza con il fiume Adige, che hanno originato diversi ventagli di esondazione.

I sedimenti fluviali rappresentano l'ultima fase del lento riempimento di tutta l'area padana che, almeno sino all'inizio dell'era Neozoica, era sede di un ampio golfo marino (lo spessore del Quaternario marino – che raggiunge e localmente supera i 2.000 metri - corrisponde a un intervallo di tempo compreso approssimativamente tra 1,8 e 0,8 Ma. B.P.)

delimitato dalle dorsali alpina e appenninica delle quali rappresenta il collegamento e di cui oblitera, per largo tratto, i rapporti stratigrafici e le strutture profonde.

Il senso di riempimento procede da Ovest verso Est e dai margini dei rilievi verso la zona assiale, con conseguente progressivo ritiro del mare entro i confini attuali.

I dati relativi all'assetto tettonico-strutturale della base del Quaternario, forniti dalle ricerche di idrocarburi e dalle indagini geofisiche mostrano, infatti, la contrapposizione tra l'elemento strutturale relativamente tranquillo, corrispondente alla monoclinale pedealpina a NE, e le pieghe appenniniche sepolte a S-SW.

I movimenti e gli assestamenti di tali strutture tettoniche condizionarono verosimilmente il progressivo sviluppo della pianura alluvionale.

Infatti, una marcata subsidenza differenziata, non uniforme ma nel complesso più accentuata nelle sinclinali e di minore entità al culmine delle anticlinali, ha accompagnato la deposizione dei sedimenti quaternari e ne ha controllato gli spessori.

L'evoluzione morfologica della pianura è stata altresì notevolmente condizionata dai mutamenti climatici avvenuti durante l'ultimo milione di anni.

L'avvicendamento di fasi glaciali e periodi interglaciali ha determinato successive fasi di ritiro ed espansione del dominio marino con progressione spaziale e temporale di ambienti deposizionali diversi (marini, deltizi, lagunari, palustri e alluvionali).

Importanti variazioni climatiche si sono, altresì, manifestate anche durante l'Olocene (8.300 a.C.- Attuale) dopo l'ultima glaciazione, con l'alternanza di intervalli di clima più freddo e piovoso, cui hanno fatto riscontro fenomeni più intensi di attività fluviale, come piene ed esondazioni con forte sedimentazione, e periodi di clima più caldo, caratterizzati da una maggiore relativa stabilità della rete fluviale.

In tutta la Pianura Padana inferiore, comunque, per buona parte del Quaternario, i fiumi si sono mantenuti in condizioni di prevalente sedimentazione, condizioni cui sono da attribuire le continue variazioni idrografiche verificatesi in questo territorio fino all'epoca medioevale, ovvero prima che gli interventi antropici li costringessero, mediante arginature, entro percorsi obbligati.

Come precedentemente indicato, in questa situazione i corsi d'acqua tendono a depositare in alveo e in prossimità dello stesso formando argini naturali costituiti dai sedimenti più grossolani (sabbie).

Durante gli eventi di rotta e/o esondazione nei territori circostanti si depositano sedimenti trasportati in sospensione, a granulometria progressivamente più fine allontanandosi dall'alveo in relazione alla sempre minore energia idrodinamica del mezzo.

Quanto già specificato unito alla maggior compressibilità dei sedimenti più fini determina, quindi, questa particolare situazione altimetrica caratterizzata da alvei a quota più elevata e da aree (bacini) interfluviali topograficamente depressi; in occasione delle grandi rotte vengono abbandonati i tracciati fluviali troppo elevati e si formano nuovi alvei nelle aree depresse, che a loro volta vengono colmate.

Il corso d'acqua principale che attraversa l'area in esame è il fiume Po che, a Nord, segna il confine con la provincia di Rovigo e, nel territorio ferrarese, si divide in Po di Volano (che attraversa Ferrara), Po di Primaro e Po di Goro, il più meridionale dei rami del delta del fiume.

Il fiume Reno segna il confine meridionale della provincia di Ferrara, da Cento con qualche interruzione fino ad Argenta; infine sfocia a sud del Lido di Spina, in provincia di Ravenna.

I torrenti Idice e Sillaro attraversano l'area in esame solo nel loro ultimo tratto, andando rispettivamente a sfociare nelle valli di Campotto e in Valle Santa.

A ovest il Panaro, che attraversa Bondeno è l'ultimo affluente del Po.

Inoltre scorrono attraverso la provincia numerosi canali artificiali, tra cui il Cavo Napoleonico, che collega Po e Reno, e l'Idrovia Ferrarese.

Il Po di Goro e i tratti del Po, del Panaro, del Reno e del Secchia che lambiscono (o attraversano) questo bacino presentano alvei pensili e il bacino stesso ha relazioni idrauliche, in fase di scolo, solo con il Po Grande, potendo scaricarvi acque presso Moglia (Impianto Idrovoro Moglia) e presso Stellata (Impianto Idrovoro Pilastresi), e con il Po di Goro (Impianto Idrovoro Vidàra nord, di recente costruzione). Per il resto i suddetti fiumi esercitano azione scolante solo sulle relative fasce golenali.

2.4 IDROGEOLOGIA

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 metri, e, in minima parte, da depositi marini marginali.

Procedendo quindi dal margine appenninico verso Nord, si trovano nell'ordine: le conoidi alluvionali, la pianura alluvionale appenninica e la pianura alluvionale e deltizia del Po.

L'area di interesse, in particolare, come anche emerso nei precedenti Capitoli, si trova in piena pianura alluvionale.

Il corpo sedimentario che colma la pianura è suddiviso in tre gruppi principali di acquiferi, indicati come **A**, **B** e **C**, stratificati dal più superficiale al più profondo (FARINA et al., 1998, 2001; ARTIOLI & BALDINI, 1997; A.CO.SE.R, 1995).

Ognuno di questi gruppi racchiude al suo interno sottounità che riflettono la complessità deposizionale della pianura.

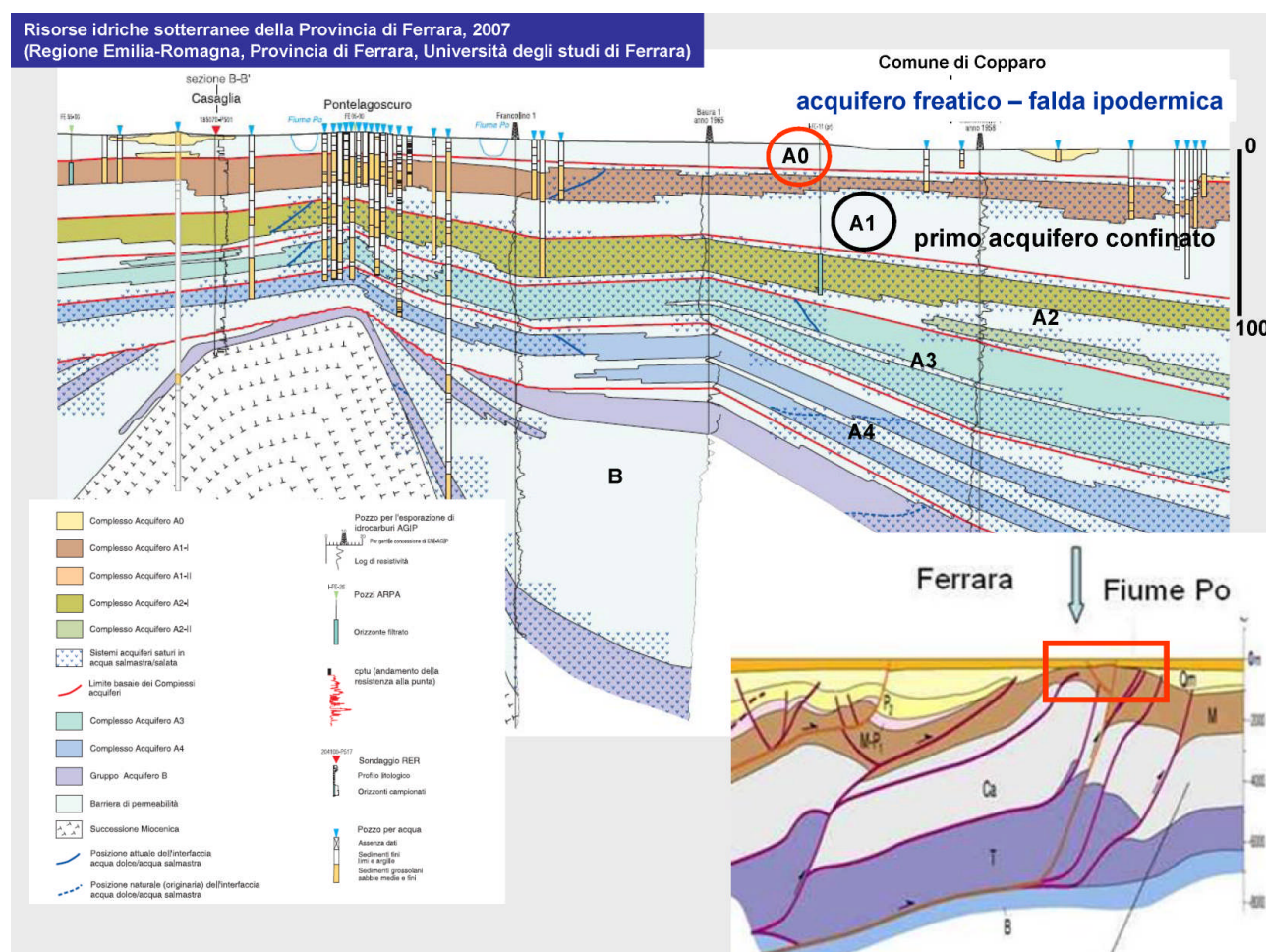


Figura 2-8 – Sezione schematica idrogeologica

L'**acquifero A0**, il più superficiale, rappresenta il primo serbatoio d'acqua accessibile e svolge un ruolo cruciale per le falde superficiali.

Questo orizzonte, che si estende con geometria cuneiforme dalla zona collinare verso la pianura più bassa, è particolarmente rilevante nei settori apicali del conoide del Reno, dove la granulometria più grossolana consente una rapida ricarica delle falde.

Gli **acquiferi A1, A2, A3 e A4** si trovano a profondità maggiori e sono confinati da acquitardi che ne limitano la comunicazione con la superficie.

La loro capacità di immagazzinare e trasportare acqua è notevole, grazie alla predominanza di ghiaie e sabbie nei settori centrali della pianura.

I sistemi più profondi, comprendenti gli **acquiferi B e C**, sono meno accessibili ma estremamente importanti per l'approvvigionamento idrico.

Questi serbatoi, situati a profondità che possono raggiungere i 400 metri, mostrano una significativa anisotropia nella permeabilità a causa della presenza di sedimenti fini intercalati a materiali grossolani.

Tra i vari acquiferi, gli acquitardi fungono da barriere idrauliche, limitando la comunicazione tra le falde superficiali e quelle profonde. Tuttavia, le loro discontinuità in alcune zone consentono l'interazione tra i sistemi.

Nelle unità più vicine al piano campagna, le falde superficiali, di tipo freatico nelle aree apicali e in pressione nelle zone distali, sono alimentate direttamente dai corsi d'acqua e dalle precipitazioni.

Il flusso è spesso influenzato dai numerosi sistemi artificiali di bonifica e drenaggio, che esercitano un'azione di depressione piezometrica significativa.

Le caratteristiche del sistema multifalda trovano riscontro anche dalle informazioni ricavate sul sito Web Ispra, Come è possibile osservare dalle schede dei pozzi riportate alle pagine successive, in particolare dai Pozzi 1306 e 1309.

Le falde sono sempre contenute nei livelli a maggiore permeabilità, costituiti da sabbia fine e sabbia medio-grossolana.



Figura 2-9 - 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	50,00	50,00	140

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	43,00	50,00	7,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	44,00	50,00	6,00	114

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/1998	5,70	6,20	0,50	2,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	43,00	43,00		ARGILLA
2	43,00	50,00	7,00		SABBIA

Figura 2-10 – Caratteristiche pozzo 1303

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	95,00	95,00	210

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	83,00	93,00	10,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	83,00	93,00	10,00	180

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
apr/2001	8,00	12,00	4,00	10,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	5,00	5,00		TERRENO AGRARIO
2	5,00	18,00	13,00		LIMO - ARGILLA
3	18,00	25,00	7,00		SABBIA
4	25,00	74,00	49,00		ARGILLA
5	74,00	79,00	5,00		LIMO
6	79,00	83,00	4,00		ARGILLA
7	83,00	93,00	10,00		FALDA FREATICA SABBIOSA
8	93,00	95,00	2,00		ARGILLA

Figura 2-11 – Caratteristiche pozzo 1304

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	63,00	63,00	1150

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	20,00	45,00	25,00
2	47,00	56,00	9,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	24,00	42,00	18,00	670
2	48,00	54,00	6,00	670

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,50	2,50		TERRENO RIPORTO
2	2,50	9,00	6,50		ARGILLA NOCCIOLA
3	9,00	20,00	11,00		ARGILLA GRIGIA
4	20,00	45,00	25,00		SABBIA MEDIO-FINE
5	45,00	56,00	11,00		SABBIA MEDIA
6	56,00	63,00	7,00		ARGILLA

Figura 2-12 – Caratteristiche pozzo 1306

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 2-13 – 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 2-14 – 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 2-15 – Caratteristiche pozzo 1309

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	36,50	36,50	150

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	14,00	35,70	21,70

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	28,50	35,30	6,80	125

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/1994	3,30	11,50	8,20	8,000

Figura 2-16 – Caratteristiche pozzo 3270

3 SISMICITÀ

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 del progetto, è stata analizzata la serie storica afferente il Comune di Bondeno (FE).

Per il Comune di Bondeno (FE) sono archiviati 35 eventi di cui l'evento con Mw maggiore risulta essere quello del 1920 “*Garfagnana*” con Mw = 6.53 mentre, il più recente è quello del 2012 “*Pianura Emiliana*” con Mw = 5.90 (vedi Figura 3-1 e Figura 3-2).

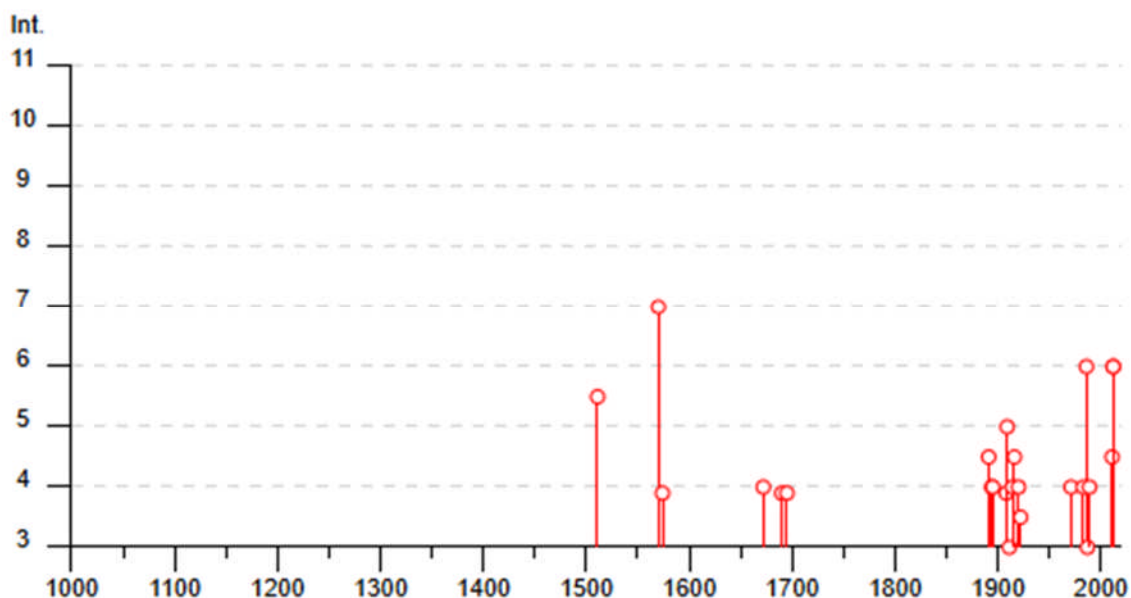


Figura 3-1 - Serie storica degli eventi sismici nel Comune di Bondeno (FE). Il grafico mette in rapporto l'evento con gli effetti causati dal terremoto in termini di intensità macrosismica. (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	🔗	1511	03	26	15	30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
7	🔗	1570	11	17	19	10	Ferrarese	58	7-8	5.44
F	🔗	1574	03	17	03	40	Finale Emilia	4	6	4.63
4	🔗	1672	04	14	15	45	Riminense	92	8	5.59
F	🔗	1690	12	04	14		Carinthia, Villach	60	8-9	6.16
F	🔗	1695	02	25	05	30	Asolano	107	10	6.40
4-5	🔗	1891	06	07	01	06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	🔗	1894	11	27	05	07	Bresciano	183	6	4.89
4	🔗	1895	06	10	01	47	Prealpi Trevigiane	73	6	4.85
2-3	🔗	1898	01	16	13	10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	🔗	1900	03	04	16	55	Asolano	98	6-7	5.05
NF	🔗	1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	🔗	1907	04	25	04	52	Veronese	122	6	4.79
F	🔗	1908	06	28	03	19	Finale Emilia	11	4-5	3.93
NF	🔗	1908	07	10	02	13 3	Carnia	119	7-8	5.31
5	🔗	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	🔗	1910	01	23	01	50	Piacentino	118	5	4.39
NF	🔗	1910	03	22	23	29	Bassa modenese	15	5	4.16
3	🔗	1911	02	19	07	18 3	Forlivese	181	7	5.26
4	🔗	1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
4-5	🔗	1916	05	17	12	50	Riminense	132	8	5.82
2	🔗	1918	11	10	15	12 2	Appennino forlivese	187	9	5.96
4	🔗	1920	09	07	05	55 4	Garfagnana	750	10	6.53
3-4	🔗	1922	05	24	21	17 2	Ferrarese	7	4	3.70
2-3	🔗	1928	06	13	08		Carpi	35	6	4.67
NF	🔗	1930	10	30	07	13	Senigallia	268	8	5.83
4	🔗	1971	07	15	01	33 2	Parmense	228	8	5.51
4	🔗	1983	11	09	16	29 5	Parmense	850	6-7	5.04
6	🔗	1986	12	06	17	07 1	Ferrarese	604	6	4.43
3	🔗	1987	05	08	11	10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
4	🔗	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
4-5	🔗	2011	07	17	18	30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
6	🔗	2012	05	20	02	03 5	Pianura emiliana	53	7	6.09
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/)

3.2 SORGENTI SISMOGENETICHE

L'individuazione delle sorgenti sismogenetiche, in particolare delle sorgenti in grado di generare terremoti con $M_w > 5.5$, è di fondamentale importanza in quanto questo valore indica generalmente un limite inferiore oltre al quale lo scuotimento sismico è tale da creare danni significati all'edificato.

Inoltre si stima che una M_w pari a 5.5 sia il valore soglia oltre al quale la faglia che ha generato il terremoto possa assumere dimensioni tali da poter essere identificata attraverso le metodologie geologiche.

Risulta inoltre cruciale l'individuazione delle *faglie capaci* ossia quelle faglie in grado di produrre una deformazione superficiale.

La fagliazione superficiale può infatti provocare ingenti danni agli edifici e alle infrastrutture rappresentando così una fonte di pericolosità rilevante soprattutto nelle aree molto popolate.

Viene da sé che la conoscenza approfondita e la collocazione spaziale di questi elementi tettonici assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio.

L'importanza di valutare la pericolosità anche in termini di rottura superficiale viene indicata anche nell'Eurocodice 8 relativamente alle Opere di fondazione.

A tale scopo sono disponibili due database, il primo è il Progetto ITHACA (ITaly Hazard from CApable faults), istituito dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA, che sintetizza le informazioni disponibili sulle *faglie capaci* che interessano il territorio italiano; il secondo è il Catalogo INGV DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dove vengono individuate le sorgenti sismogenetiche in grado di generare terremoti con $M_w > 5.5$.

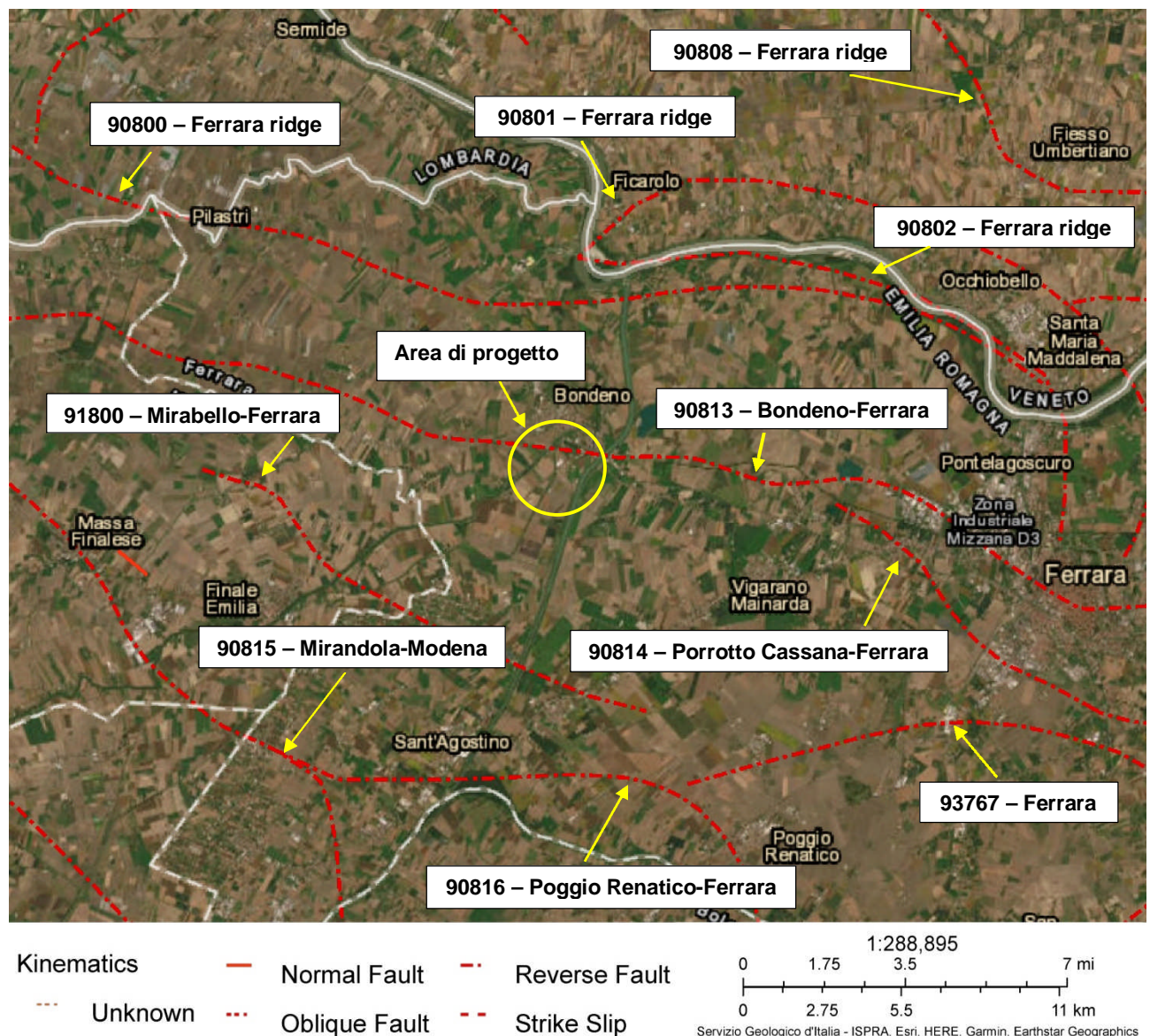


Figura 3-3 - Stralcio estratto dal Progetto ITHACA-Catalogo delle faglie capaci (<https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>)

La Figura 3-3 riporta uno stralcio, estratto del Progetto ITHACA, dove vengono indicate le n. 10 *faglie capaci* situate in un raggio di 20 km dell'area di progetto:

- 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.

Nella Figura 3-4 viene mostrato uno stralcio estratto dal Catalogo DISS che fornisce una visione di quelle che sono le zone sismogenetiche, nella fattispecie vengono mostrate le sorgenti sismogenetiche composite (CSS) ossia fasce che rappresentano in modo unitario sistemi sismogenetici più complessi entro un raggio di circa 20 km dall'area in esame.

Come si evince dalla Figura 3-4, l'area in progetto si trova all'interno della CSS ITCS050, Poggio Rusco Migliarino, mentre, a Sud, sono presenti altre 3 CSS:

- ITCS012 – Malalbergo-Ravenna;
- ITCS051 – Carpi – Poggio Renatico;
- ITCS103 – Finale Emilia – Mirabello.

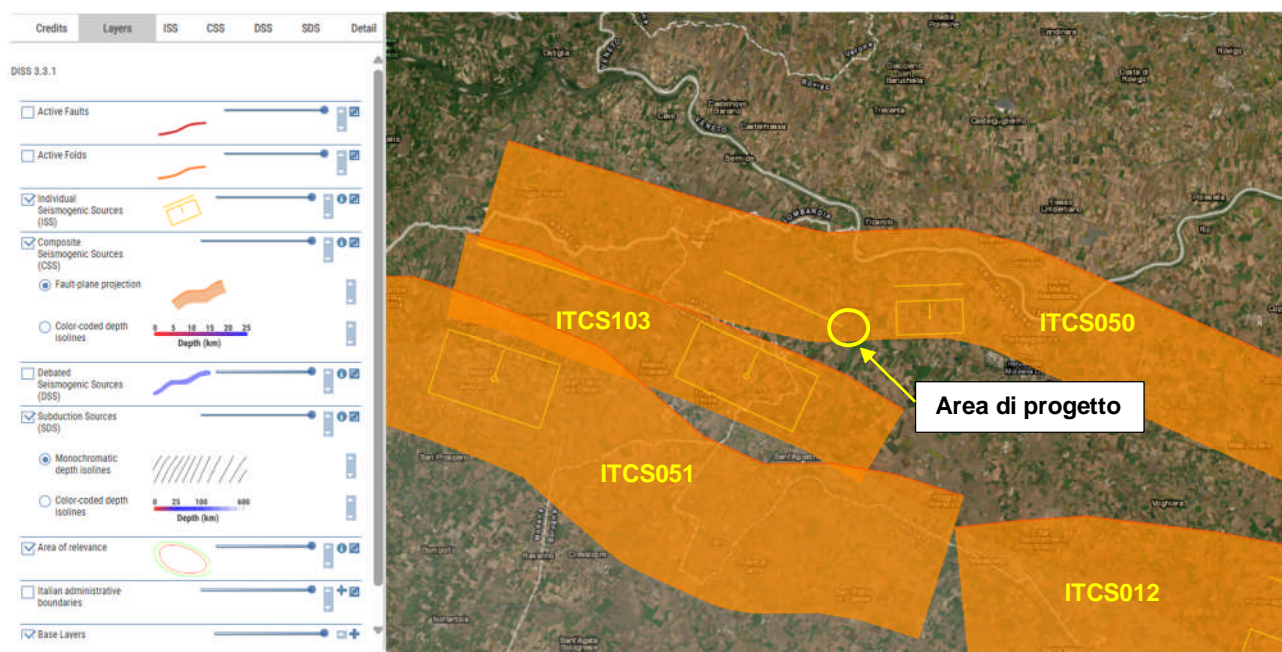


Figura 3-4 - Sorgenti Sismogenetiche presenti nell'area di studio. In arancione le Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) (DISS-Database of individual Seismogenic Sources) (<https://diss.ingv.it/>)

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 recepi 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 3-5, 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 3-6), l'area di progetto ricade in Zona 3.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Figura 3-5 – Pericolosità sismica di base da modello MPS04-S1 ([Modello di pericolosità sismica MPS04 \(ingv.it\)](http://Modello di pericolosità sismica MPS04 (ingv.it)))

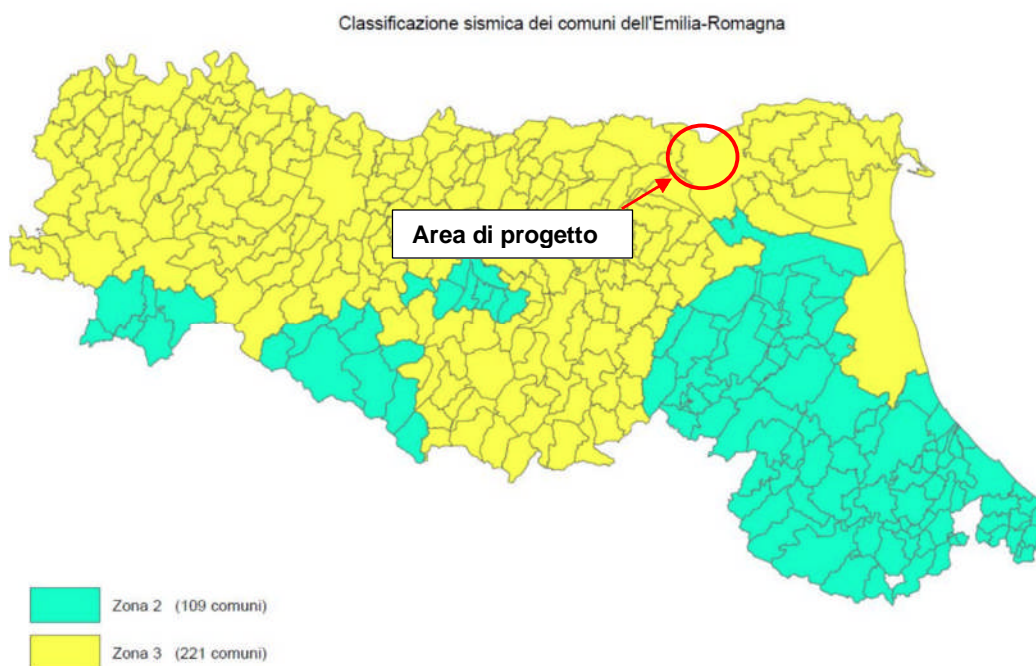


Figura 3-6 - Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna aggiornata con la DGR n. 146 del 06/02/2023

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 è stata tratta la Tavola, alla scala 1:2.000, prodotta ed allegata alla restante documentazione relativa alla procedura autorizzativa, Tavola n. 516436, Foglio 1.

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 1:2.000, prodotte ed allegate alla restante documentazione relativa alla procedura autorizzativa ovvero la Tavola n. 516436, Foglio 2 (Pericolosità Idraulica) e la Tavola n. 516436, Foglio 3 (Rischio Idraulico).

Per ciò che concerne la Pericolosità ed il Rischio Geomorfologico, le aree interessate dalle Opere 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.)

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.

Lo stralcio riportato nella Tavola n. 516436, Foglio 1 mostra come le Opere da realizzare ricadano 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 le Opere in progetto, si fa riferimento all'Art. 10 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Operativo Comunale di Ferrara, valido anche per il Comune di Bondeno, 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.

Dalla Tavola n. 516436, Foglio 2, che riporta lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A., si può osservare come le Opere da realizzare ricadano all'interno di un'**area P1**, contraddistinta quindi da una bassa probabilità di eventi alluvionali ma con scenari di eventi estremi.

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 e 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 o nullo (R1);**
- **Scenario Rischio Medio (R2);**
- **Scenario Rischio Elevato (R3);**
- **Scenario Rischio Molto Elevato (R4).**

Dalla Tavola n. 516436, Foglio 3, che riporta lo stralcio della Carta del Rischio Idraulico del P.G.R.A. si può osservare come le Opere da realizzare (SE "Bondeno" e raccordi) ricadano all'interno di un'**area R2**, caratterizzata da uno scenario di Rischio Medio.

5 CONCLUSIONI

La presente Relazione Geologica preliminare e di compatibilità idrogeologica costituisce parte integrante della documentazione inerente al progetto per la realizzazione della nuova Stazione Elettrica di trasformazione RTN 132/36 kV “Bondeno” e dei relativi raccordi alle linee RTN a 132 kV “Finale Emilia – Bondeno”, “Bondeno – Ferrara Cassana” e “Bondeno – Palantone con deriv. Pilastresi All.”, oggi afferenti alla Cabina Primaria di Bondeno.

Tutte le sopraelencate opere sono ubicate nel Comune di Bondeno (FE), così come riportato nella Tavola di Inquadramento CTR, alla scala 1:2.000, Tavola n. 516432, prodotta ed allegata unitamente alla restante documentazione.

Le Opere in oggetto verranno realizzate nell’ambito del progetto di connessione a 36 kV dell’impianto fotovoltaico della società Bondeno Srl alla futura Stazione Elettrica RTN 132/36 kV “Bondeno” (CP 202201461).

Lo studio oggetto della presente Relazione è inerente esclusivamente alla Stazione Elettrica di trasformazione 132/36 kV “Bondeno” della RTN, funzionale sia alla connessione di diversi impianti di produzione che alla magliatura della rete.

Nell’ambito del presente studio è stata quindi eseguita una verifica di compatibilità idrogeologica preliminare per accertare in via preventiva che l’intervento previsto garantisca, stanti le caratteristiche delle Opere e le relative necessità, la sicurezza del territorio nel quale esse vengono inserite.

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 è stata tratta la Tavola n. 516436, Foglio 1, alla scala 1:2.000, prodotta ed allegata alla restante documentazione relativa alla procedura autorizzativa.

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 qui necessario ricordare, ad ogni buon conto, che le mappe di pericolosità P.G.R.A. costituiscono quadro conoscitivo dei P.A.I. alle quali sono associate specifiche Norme Attuazione del P.A.I..

Da questa cartografia sono state tratte le Tavole, alla scala 1:2.000, prodotte ed allegate alla restante documentazione relativa alla procedura autorizzativa ovvero la Tavola n. 516436, Foglio 2 (Pericolosità Idraulica) e la Tavola n. 516436, Foglio 3 (Rischio Idraulico)..

Dalla cartografia consultata, relativamente alle Opere in progetto, è possibile evincere quanto di seguito riportato.

Per quanto riguarda le Tavole di Delimitazione delle Fasce Fluviali del P.A.I., unico strumento vincolante, da normativa vigente, lo stralcio riportato nella Tavola n. 516436, Foglio 1 mostra come le Opere da realizzare ricadano all'interno della **Fascia Fluviale C**, Area di inondazione per piena catastrofica, all'interno della quale, sulla base delle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico Edilizio del Comune di Ferrara, valido anche per il Comune di Bondeno, art. 118, comma 4. *Aree a rischio di allagamento:*

*“- 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.”.*

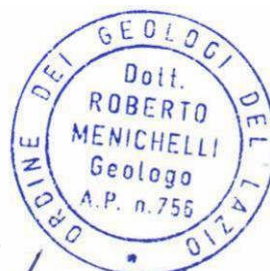
E' però ragionevole ritenere, o prevedere, che le Opere in progetto non comportino, o non debbano comportare, significative modifiche plano-altimetriche.

Per ciò che concerne l'analisi delle Carte della Pericolosità Idraulica del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), dalla Tavola n. 516436, Foglio 2, che riporta lo stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica del P.G.R.A., si può osservare come le Opere da realizzare ricadano all'interno di un'**area P1**, contraddistinta quindi da una bassa probabilità di alluvioni con scenari di eventi estremi.

Conseguentemente, dalla Tavola n. 516436, Foglio 3, che riporta 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 le Opere da realizzare (SE “Bondeno” e raccordi) ricadano all'interno di un'**area R2** caratterizzata da uno scenario di Rischio Medio.

Infine, per quanto riguarda la Pericolosità ed il Rischio Geomorfologico, le aree interessate dalle Opere in progetto sono situate molto lontano da settori con fenomeni di dissesto geomorfologico, pertanto non è stata prodotta una apposita cartografia al riguardo.

Il Tecnico
Dott. Geol. Roberto Menichelli

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Roberto Menichelli".

Roma, Giugno 2025

6 BIBLIOGRAFIA

- A.CO.SE.R. – *Centro Idea (1995) – Studio di vulnerabilità dell'Acquifero Sotterraneo Bolognese compreso tra i Torrenti Samoggia e Sillaro – Relazione Generale.*
- 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;
- ARTIOLI G.P, BALDINI U. (1997) – *Area metropolitana di Bologna: stato di avanzamento delle ricerche. Progetto strategico del CNR – Geologia delle grandi aree – Atti del Convegno, Bologna (Italy) 4-5 Novembre, 1997.*
- 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/>);
- 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.
- FARINA M., SIMONI M., PASSUTI I. (1998) – *Il complesso idrogeologico superficiale nel contesto della città di Bologna*. Il Geologo dell'Emilia Romagna, 11, 4-14.
- ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci (<https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>);
- 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.