
	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 1 di 60	Rev. 1


Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022 , N. 50)
FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

RELAZIONE GEOLOGICA




1	Aggiornamento - Emissione per Permessi	V. Rago	G. Vecchio	M. Begini	16/09/2022
0	Emissione per Permessi	V. Rago	G. Vecchio	H.D. Aiudi	06/07/2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 2 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070


INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	Introduzione	4
1.2	Descrizione dei tracciati (approdo costiero e tratto a terra)	5
1.3	Quadro Normativo	6
2	GEOLOGIA DEL TERRITORIO	9
2.1	Inquadramento geografico	9
2.2	Lineamenti geologici generali	9
2.3	Lineamenti geologici locali	12
2.4	Lineamenti strutturali	15
3	GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO	18
3.1	Interferenze geomorfologiche dei tracciati	19
4	INQUADRAMENTO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO	21
4.1	Vincoli di Natura Idrogeologica	23
4.2	Interferenza con Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)	26
5	SISMICITA'	31
5.1	Classificazione sismica regionale e zonazione sismica	31
5.2	Zone sismogenetiche della regione Emilia-Romagna	32
5.3	Database D.I.S.S.	33
5.4	Faglie attive e capaci	38

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 3 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

5.5	Pericolosità sismica di base	39
5.6	Pericolosità sismica tracciato	44
5.7	Sismicità storica	50
6	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA	52
7	CONCLUSIONI	58
8	BIBLIOGRAFIA	60

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 4 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

1 GENERALITÀ

1.1 Introduzione

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art.5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, la Società Snam FSRU Italia, controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), intende sottoporre l'istanza autorizzativa per la realizzazione di un Terminale di Rigassificazione al largo di Ravenna (c.d. Progetto FSRU Ravenna) tramite l'ormeggio permanente di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e la realizzazione delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente.


L'FSRU avrà una capacità di rigassificazione annuale di circa 5 miliardi di standard metri cubi di gas naturale, equivalente a circa un sesto della quantità di gas naturale oggi importata dalla Russia. L'FSRU ha uno stoccaggio nominale di 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL), e sarà in grado di ricevere, rigassificare il GNL e trasferirlo in una nuova condotta che lo convoglierà nel punto di connessione alla Rete Gasdotti, posto in adiacenza all'impianto Snam Rete Gas di Ravenna n. 693.

La presente relazione rappresenta lo studio geologico di base dell'opera (tratto a terra), la quale ricade interamente nel comune di Ravenna (RA) in Emilia-Romagna.

Lo scopo del presente documento è la caratterizzazione dell'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto, nonché quello di individuare le eventuali opere di protezione e/o di ripristino da realizzare in seguito alla costruzione dell'opera al fine di salvaguardare lo stato dei luoghi.

Per il raggiungimento di tale obiettivo è stata svolta, in una prima fase, un'indagine bibliografica con la quale è stata acquisita la documentazione tecnica disponibile, comprese le indagini geognostiche eseguite su opere lineari che hanno percorso lo stesso corridoio territoriale dell'opera in progetto; in seguito sono stati eseguiti dei sopralluoghi in campo, volti a prendere visione dello stato dei luoghi, osservare le litologie affioranti e programmare le future indagini geognostiche, necessarie al fine di definire la successione stratigrafica e le caratteristiche geomeccaniche del terreno.

Tra gli obiettivi, oltre allo studio relativo al PAI e relative interferenze, vi è anche quello di definire la sismicità dell'area, desunta dalla bibliografia esistente e riportata nel capitolo cinque del presente elaborato.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 5 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

1.2 Descrizione dei tracciati (approdo costiero e tratto a terra)

Il tracciato del metanodotto DN 650 in progetto ha origine dalla FSRU in progetto al largo di Ravenna, posta a circa 8,8 km dalla costa, ancorata al Terminale Marino di proprietà PIR Petroli S.p.A, così come evidenziato nelle tavole di progetto.

La condotta di collegamento tra la FSRU al largo di Ravenna e l'esistente Area Trappole di Ravenna (Imp. n. 693) di proprietà Snam Rete Gas, per motivi di gestione del trasporto del gas, sarà suddivisa in due tratti. Ogni tratto è caratterizzato da una specifica denominazione, codifica e pressione di progetto.

Di seguito si fornisce una descrizione dei tracciati dei due tratti che compongono il tratto a terra della condotta di collegamento tra la FSRU al largo di Ravenna e l'esistente Area Trappole di Ravenna (Imp. n. 693) di proprietà Snam Rete Gas.

Allacciamento FSRU di Ravenna (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar

Il tracciato del metanodotto DN 650 (26") in progetto ha origine dalla FSRU che sarà ancorata al Terminale P.I.R., al largo di Ravenna, posto a circa 8,5 km dalla costa.



La condotta, dopo aver percorso il tratto offshore, raggiunge la terraferma, dove è previsto il punto di connessione tra la parte a terra e la parte a mare. Il punto di connessione è previsto nell'attuale area in cui arrivano le condotte PIR, nella zona di Puntamarina, in prossimità della spiaggia. La realizzazione dell'approdo è prevista mediante l'utilizzo di metodologia trenchless, in particolare della tecnologia del microtunnel. Il microtunnel di approdo sarà lungo circa 1300 m.

La condotta uscita dal microtunnel, nella parte iniziale il tracciato verrà posto al bordo della carreggiata stradale, sotto la strada del lungomare C. Colombo. La viabilità comunale presenta già una serie di sottoservizi (acquedotto, fognatura, rete gas di distribuzione, illuminazione pubblica, rete telefonica), pertanto il metanodotto in progetto sarà ubicato negli spazi liberi rilevati durante la progettazione esecutiva.

Dopo circa 500 m di percorrenza stradale il tracciato supera in sotterraneo la Pineta litoranea con un'opera trenchless (microtunnel) e si pone nella zona a seminativo limitrofa all'abitato di Punta Marina. Quest'area è ubicata all'interno del perimetro del Piano Urbanistico Attuativo CoS13 "Punta Marina", in una zona destinata a parcheggi e opere di urbanizzazione senza nuova edificazione.

Superata l'area del Piano Urbanistico Attuativo CoS13, la condotta raggiunge l'area prevista per la realizzazione del punto di entrata (PDE) e dell'impianto di regolazione DP 100-75 bar, a Nord dello scolo Marini di Levante.

Il gas proveniente dall'FSRU, dopo essere stato regolato (regolazione pressione), esce dall'impianto mediante la condotta denominata "collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna" DN 900 (36") DP 75 bar, il cui tracciato verrà descritto di seguito.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 6 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36"), DP 75 bar

All'impianto di Punta Marina, al cui interno saranno ubicate le trappole di lancio e ricevimento PIG, la misura fiscale e la regolazione, è previsto l'inizio del secondo tratto a terra.

La condotta complessivamente lunga 31,5 Km circa, si sviluppa lungo il corridoio tecnologico già esistente, a forma di anello attorno al nucleo abitato di Ravenna e procede in senso orario dalla zona di Punta Marina verso sud fino ad attraversare il Fiume Canali Uniti, per poi deviare verso ovest e superare a sud l'abitato di "Classe" e proseguire in direzione nord-ovest verso la frazione di "Fornace Zarattini".

Attraversata l'Autostrada A14 dir. Ravenna, il tracciato devia decisamente verso nord est per ricollegarsi nel Nodo di Ravenna (Imp. Snam Rete Gas n. 693).

Tutta l'opera è integralmente compresa all'interno del Comune di Ravenna. Gran parte del tracciato si sviluppa in terreni a prevalente destinazione agricola e, lungo il suo sviluppo, attraversa alcune principali infrastrutture tra le quali: Fiumi Uniti, la linea ferroviaria Ferrara – Rimini, la Strada Statale n.16 Adriatica, la Strada Statale n. 3 bis Tiberina, il Fiume Ronco, la Strada Statale n. 67 Tosco-Romagnola, il Fiume Montone, la linea ferroviaria Castelvolognese – Ravenna, l'Autostrada A 14 Dir. Ravenna, la Strada Statale n.16 Adriatica e nuovamente la linea ferroviaria Ferrara – Rimini.

Tutti gli attraversamenti principali saranno condotti con tecnologia trenchless, o in trivellazione spingitubo (strade, ferrovie) o in Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) per i fiumi e canali.



In accordo al D.M. 17.04.2008, la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature, collocate all'interno di aree recintate, denominate punti di intercettazione (P.I.L., P.I.D.I., P.I.D.S., ecc). Detti impianti, meglio individuati sulle planimetrie scala 1:10.000 sono complessivamente **6 Punti di Intercettazione Linea (P.I.L.)**, ubicati principalmente per rispettare il sezionamento della condotta a monte e a valle delle linee ferroviarie attraversate.

Il tracciato del metanodotto, termina al Nodo di Ravenna in loc. Sant'Antonio, dove è prevista la costruzione dell'impianto terminale, in ampliamento dell'esistente Nodo n.693. Nell'impianto terminale sarà inserita la trappola di lancio/ricevimento pig, per l'ispezionabilità del gasdotto.

1.3 Quadro Normativo


Per la realizzazione della relazione in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica con le seguenti disposizioni:

- Legge n. 64 del 02 febbraio 1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche e successive integrazioni";

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 7 di 60	Rev. 1



Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

- A.G.I.–Associazione Geotecnica Italiana “Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986 “Norme Tecniche relative alle costruzioni antisismiche”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 11 marzo 1988 “Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Legge n. 109 del 11 febbraio 1994 “Legge Quadro in materia di lavori pubblici (Legge Merloni)”;
- A.G.I.–Associazione Geotecnica Italiana “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, 1994”;
- Circolare n. 218/24/3 del 09 gennaio 1996 “Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1996 “Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02 ottobre 2003 “Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 recante Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03 maggio 2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 recante Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici “Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale (Allegato al voto n. 36 del 27 luglio 2007)”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 8 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

- Circolare applicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti n. 7 del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Autorità di Bacino della Regione Marche approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 13 del 30 aprile 2001;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Autorità di Bacino del Fiume Tevere approvato con D.P.C.M. del 10 novembre 2006.
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto dell'Appennino Centrale (P.G.R.A. A.C.) Autorità di Bacino del Fiume Tevere adottato dal Comitato Istituzionale il 17.12.2015 e approvato dal Comitato Istituzionale integrato il 03.03.2016.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 9 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

2 GEOLOGIA DEL TERRITORIO

2.1 Inquadramento geografico



Il tracciato del metanodotto in progetto è ubicato nel territorio comunale di Ravenna, in Emilia-Romagna. L'approdo a terra della condotta è ubicato nella frazione Punta Marina, a est del centro abitato di Ravenna, e, nel tratto a terra si sviluppa come un anello intorno alla città (Figura 2.1.A).



Figura 2.1.A – Inquadramento geografico dell'area di studio.

2.2 Lineamenti geologici generali

L'assetto geologico regionale nel quale si sviluppa il tracciato in progetto appartiene al settore romagnolo della Pianura Padana. I depositi che formano l'ossatura della Pianura Padana costituiscono il riempimento del bacino di avantfossa di età plio-quadernaria, compreso tra la catena appenninica a sud e quella alpina a nord. Lo spessore complessivo delle unità quadernarie risulta di circa 1000-1500 m. L'evoluzione sedimentaria plio-quadernaria del bacino padano registra una generale tendenza "regressiva", da depositi marini di ambiente via via meno profondi fino a depositi continentali (Figura 2.2.A). Si identificano quindi due distinti cicli sedimentari, uno marino (indicato in letteratura con la sigla "Qm") ed uno

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 10 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

continentale ("Qc"); tale tendenza risulta ben riconoscibile al margine appenninico (Ricci Lucchi et al., 1982).

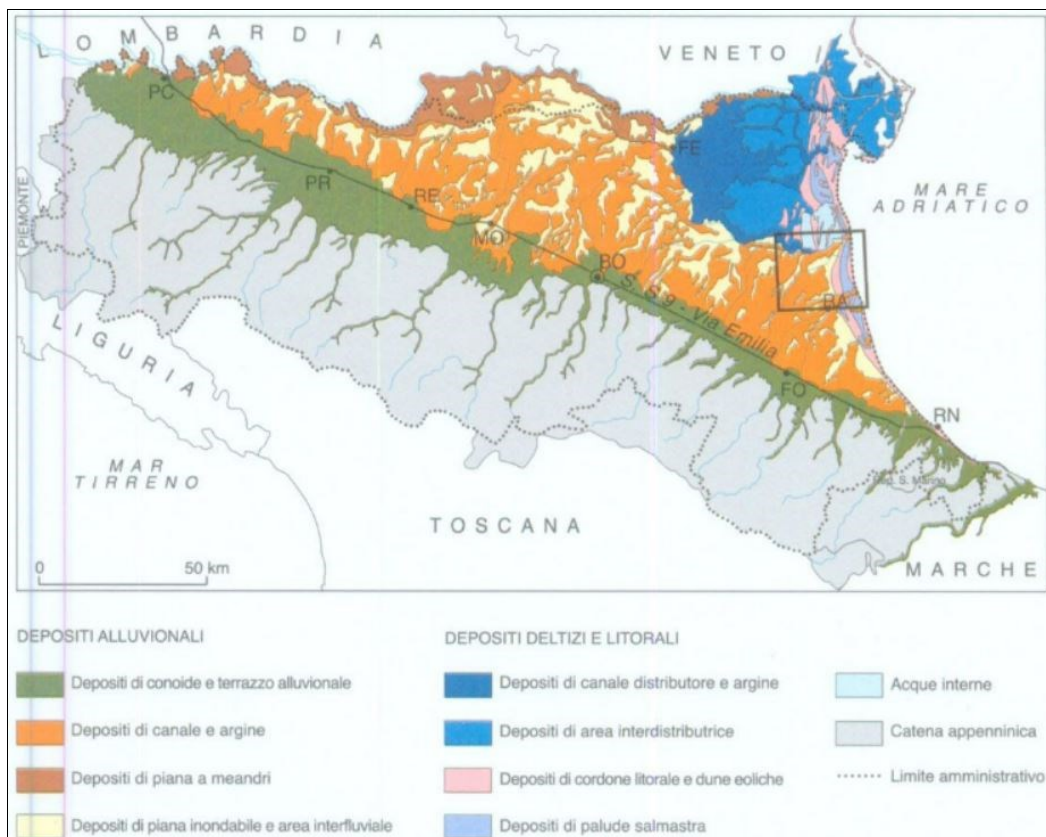




Figura 2.2.A – Schema geologico di sintesi. Tratto dalla “Carta geologica dell’Emilia-Romagna – scala 1:250000” (1999).

Gli studi condotti dalla Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998), basati sui profili sismici integrati da dati stratigrafici di pozzi profondi, hanno permesso di identificare la superficie di discontinuità tra i due cicli sedimentari anche nel sottosuolo della Pianura Padana, in corrispondenza del limite tra il Supersistema del Quaternario Marino (corrispondente al ciclo Qm) e il sovrastante Supersistema Emiliano-romagnolo (ciclo Qc). All’interno di queste due unità sono state riscontrate, da vari autori, discontinuità minori, che portano alla distinzione di sequenze deposizionali di rango inferiore all’interno dei due cicli sedimentari (Regione Emilia-Romagna, 1998).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 11 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

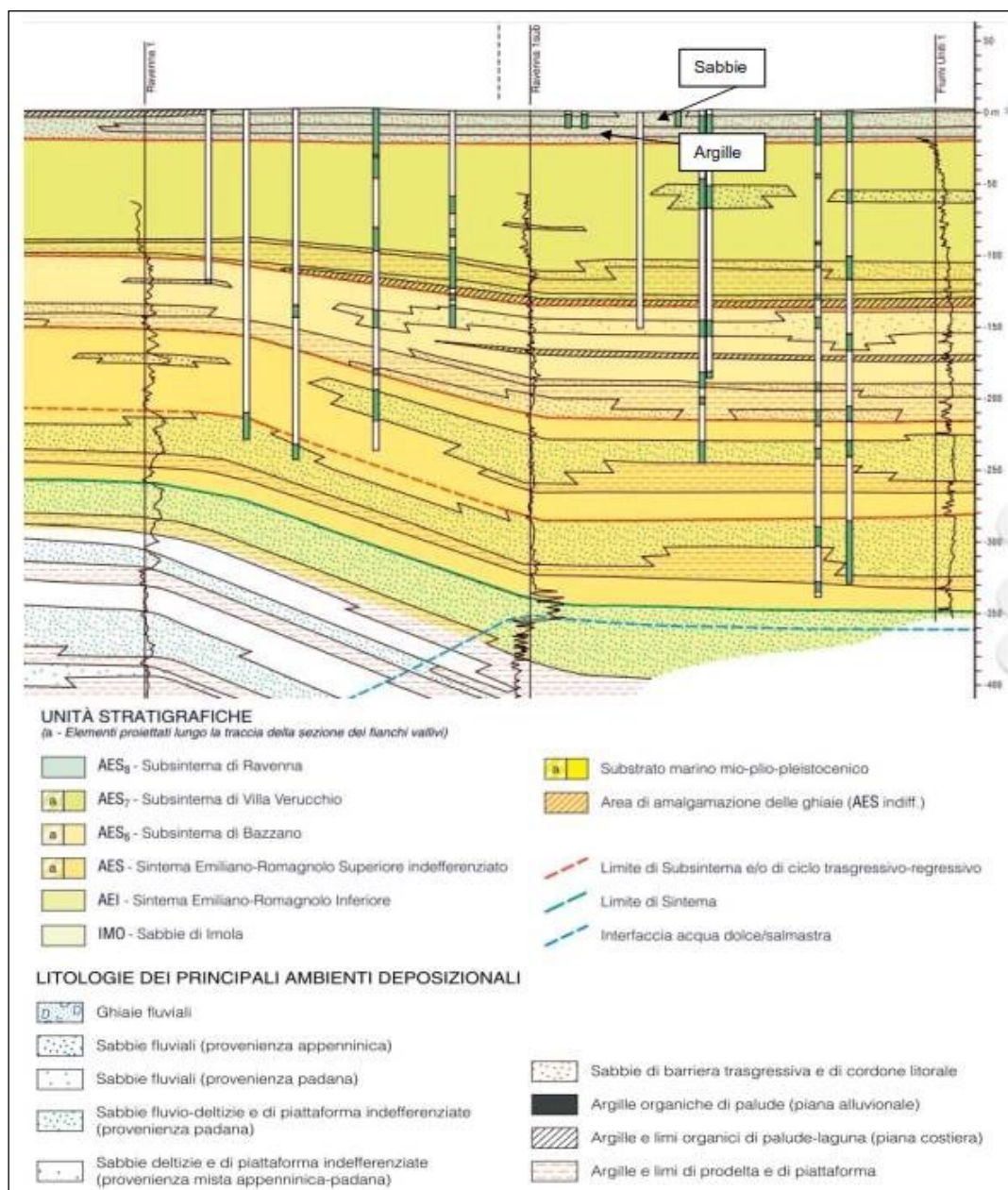




Figura 2.2.B – Stralcio della Sezione geologica n.54 (Banca dati Servizio Geologico Regione Emilia Romagna)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 12 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

2.3 Lineamenti geologici locali

Da un punto di vista geologico l'area di studio ricade all'interno dei fogli:

- Foglio 223 "Ravenna" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 dell'I.G.M. e redatta dall'I.S.P.R.A. (Progetto CARG), nella parte a nord (Figura 2.3.A);
- Foglio 240-241 "Forlì-Cervia" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 dell'I.G.M. e redatta dall'I.S.P.R.A. (Progetto CARG), nella parte a sud (Fig. 2.3.B);
- Foglio 89 "Ravenna" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 dell'I.G.M. e redatta dall'I.S.P.R.A. – Servizio Geologico d'Italia – Progetto CARG.

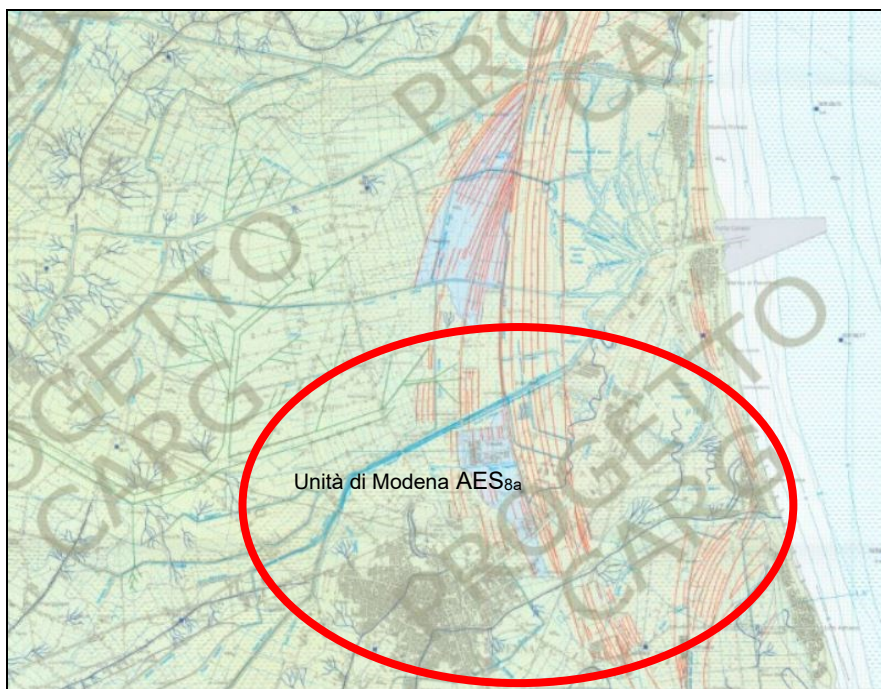



Figura 2.3.A – Stralcio carta geologica Foglio 223 "Ravenna" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000, redatta dall'I.S.P.R.A. (Progetto CARG). In rosso l'area di studio.

Relativamente al metanodotto in progetto, e con riferimento alla cartografia geologica ufficiale dell'Ispra sopra citata e riportata nelle figure 2.3.A e 2.3.B, i terreni interessati dal passaggio del tracciato appartengono all'**Unità di Modena** (AES_{8a}) che contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione, del Subsistema di Ravenna (AES8) (Pleistocene sup.-Olocene).

Si tratta di un'unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che raggiunge i 10 m solo localmente, in corrispondenza dei dossi fluviali o del fronte deltizio. Questa unità è

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 13 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070



stata distinta nella parte sommitale del Subsistema di Ravenna (AES₈), che comprende sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico. Il tracciato attraversa i terreni appartenenti proprio al Subsistema di Ravenna solo nei pressi della Frazione Classe di Ravenna (Figura 2.3.B).



Figura 2.3.B – Stralcio della carta geologica Foglio 240-241 “Forlì-Cervia” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:50000 redatta dall’I.S.P.R.A. (Progetto CARG). In rosso l’area di studio.

Oltre alla bibliografia tecnico-scientifica, è stata presa come riferimento lo studio geologico e la relativa campagna geognostica (sondaggi, geofisica e carotaggi ambientali) effettuata nell’ambito del progetto “Rifacimento metanodotto Ravenna Mare-Ravenna Terra DN 300/650 (12”/26”) – DP 75 bar e opere connesse” posto in stretto parallelismo per circa 25 km con il tracciato in progetto, e il database relativo ai dati geologici, sismici e pedologici della regione Emilia-Romagna (<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/servizio-geologico-sismico-e-dei-suoli>).

Analizzando dal punto di vista geologico il tracciato in progetto, si evince che dalla linea di costa e per circa 130 m il tracciato attraversa in trenchless i depositi di spiaggia sabbiosi. Dopo circa 50 m dall’uscita della trenchless cambia direzione e per 500 m si sviluppa verso nord lungo il lungomare Cristoforo Colombo. All’altezza di Viale delle Americhe cambia direzione verso ovest e attraversa la pineta litoranea sempre in trenchless. L’uscita della trenchless è ubicata in depositi prevalentemente argillosi limosi dell’Unità di Modena. Superato l’impianto PDE di Punta Marina assume una direzione prevalente verso sud; in questo tratto

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 14 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

attraversa in sequenza i canali Scolo Centrale Levante, Scolo Marini Levante e Canale della Gabbia. Successivamente percorre depositi di sabbia limoso argillosa per circa 500 m, in corrispondenza degli attraversamenti delle strade Via Sinistra Canale Molinetto, Via Destra Canale Molinetto.

All'altezza di via Argine Sinistro Fiumi Uniti la condotta devia verso ovest. e attraversa il canale mediante tecnologia trenchless. I terreni in questo tratto presentano depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie limoso-argillose (Unità di Modena).

A valle dell'attraversamento del canale Fiumi Uniti la condotta percorre, per circa 8 km, terreni costituiti da depositi a tessitura argillosa limosa e a tessitura sabbiosa in maniera alternata.

In questo tratto attraversa, in sequenza e in senso gas, il canale Puglioli, lo Scolo Bosca, il canale Bosca Vecchia fino a giungere al PIL 1. Successivamente l'attraversamento di Via Romea Sud e della S.S. 16 Adriatica avviene in litologia affiorante a prevalente tessitura sabbiosa appartenente al Subsistema di Ravenna.



Verso ovest la condotta attraverserà la strada S.P. 118, il canale Scolo Manarone e la S.S. n. 3 bis Tiberina in depositi prevalentemente argillosi limosi.

Il metanodotto procede nel suo percorso ad anello verso nord ovest e attraversa la strada S.P. 27 Via Cella, attraversa il canale Arcobologna Ramo sud e, tramite trenchless, il Fiume Ronco e la S.S. 67 Tosco-Romagnola in depositi sabbiosi limosi argillosi.

Dopo circa 1 km di percorrenza in argille limose, nelle quali attraversa Scolo Lama Inferiore e Scolo Canaletta, la condotta riattraversa i depositi sabbiosi limoso argillosi, superando in trenchless il Fiume Montone, la S.P. n. 68 e con scavo a cielo aperto Via Viazza di Sotto (S.P. n.99).

In corrispondenza della linea ferroviaria Castelbolognese-Ravenna la condotta attraversa depositi sabbiosi limosi, che si trasformano in depositi prevalentemente argillosi in occorrenza dell'attraversamento dell'autostrada A14 - Diram.Ravenna.

A valle dell'impianto PIL4, il tracciato cambia ancora direzione, deviando verso nord-est, ed attraversa depositi alluvionali sabbioso limosi argillosi dell'Unità di Modena fino alla Trappola terminale. In questo tratto i principali attraversamenti con tecnologia trenchless sono la S.S. 16 Adriatica e la linea ferroviaria Ferrara-Rimini.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 15 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

2.4 Lineamenti strutturali

L'assetto strutturale del bacino della Pianura Padana è assai complesso e strettamente legato alle dinamiche evolutive della catena subalpina e di quella appenninica. In particolare, la fascia posta tra la pianura e le prime colline dell'Appennino è stata ed è sede di intensi e complessi movimenti tettonici per la sua particolare posizione quasi "a cerniera" tra la catena appenninica in sollevamento e la pianura soggetta a subsidenza. Lo stile tettonico compressivo ed il conseguente accorciamento crostale per convergenza e collisione tra la placca europea e quella africana è accompagnato in quest'area da un pattern deformativo e da un'attività sismica molto complessi (Figura 2.4.A).

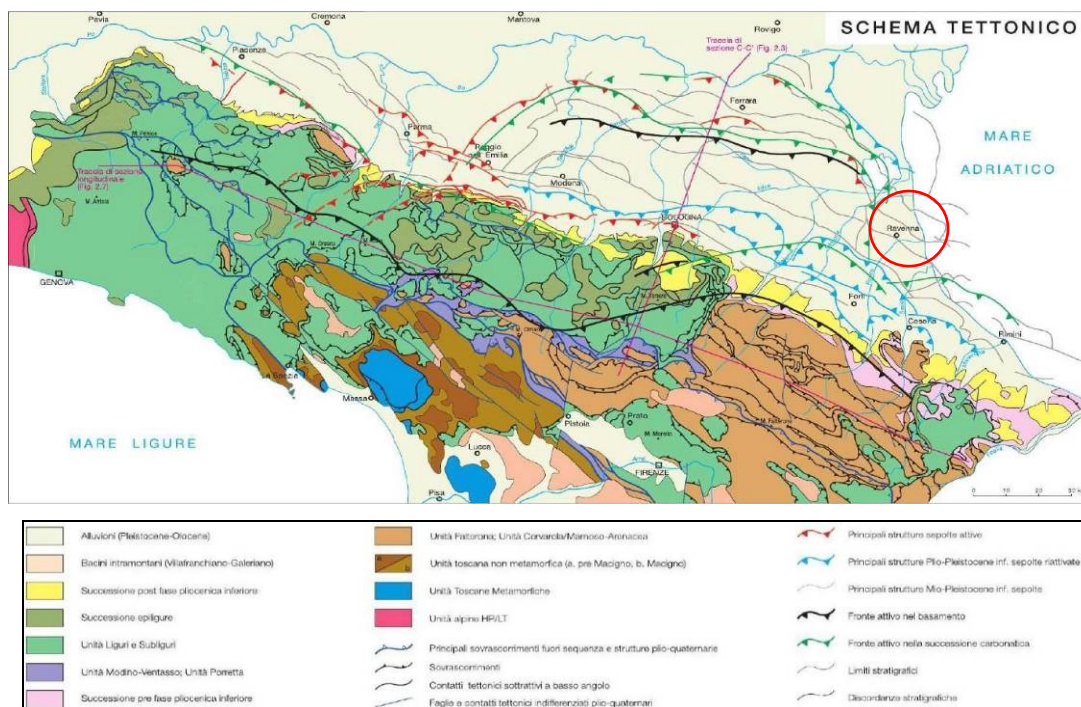




Figura 2.4.A – Principali strutture sepolte dell'Appennino settentrionale (da Pieri & Groppi, 1981; mod.).

L'esplorazione geofisica effettuata per la ricerca di idrocarburi mostra che dal punto di vista strutturale la Pianura Padana a sud del Po è caratterizzata dalla presenza di faglie inverse e sovrascorrimenti sepolti nord-vergenti associati ad anticlinali e costituenti fronti più esterni della catena appenninica (Pieri & Groppi, 1975). A tal riguardo si possono distinguere due archi di pieghe principali, che da ovest verso est sono l'Arco delle Pieghe Emiliane e l'Arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole, ed un motivo strutturale sepolto di pieghe pedeappenniniche che marca il margine pedemontano della Regione, delimitando la zona collinare in sollevamento dall'antistante pianura subsidente.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 16 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070



Il fascio di pieghe pedeappenniniche è spesso interrotto da numerose faglie con carattere di trascorrenza e con direzione NE-SO, riscontrabili anche nella morfologia di superficie della porzione collinare/montuosa della provincia ravennate.

Gli elementi strutturali significativi, rilevati nell'ambito del progetto di cartografia geologica nazionale (CARG) di maggiore dettaglio e revisionati a livello regionale coincidono in parte con le faglie riportate nel database ITHACA.

Tuttavia tali faglie non mostrano evidenze morfologiche in superficie, nei sedimenti olocenici, in quanto dal database Ithaca, l'ultima attività è datata al Pleistocene inferiore. Pertanto si può ipotizzare che il rischio derivante da tali strutture tettoniche sia trascurabile, anche in considerazione del fatto che essendo la condotta immersa in sedimenti sciolti, durante un evento sismico, è libera di muoversi uniformemente con il moto del terreno circostante.

Le sovrapposizioni fra tali faglie e il tracciato in progetto sono, in senso gas (Figura 2.4.B):

- (1)-(2)-(3) sovrascorrimento profondo post-tortoniano che intercetta la prima trenchless in mare in prossimità della costa, e poi il tracciato in progetto lungo il lungomare C. Colombo e a circa 190 m dallo sbocco della seconda trenchless;
- (4) sovrascorrimento profondo post-tortoniano tra i canali Scolo Fossina Riattivata e Acque Alte Benini;
- (5) una faglia profonda diretta in prossimità della trenchless che attraversa lo Scolo Chiavichetta;
- (6) una faglia profonda diretta tra i canali Scolo Canala e Scolo Bagarina;
- (7) una faglia profonda diretta dedotta tra i canali scolo Bagarina e Scolo Asino.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 17 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

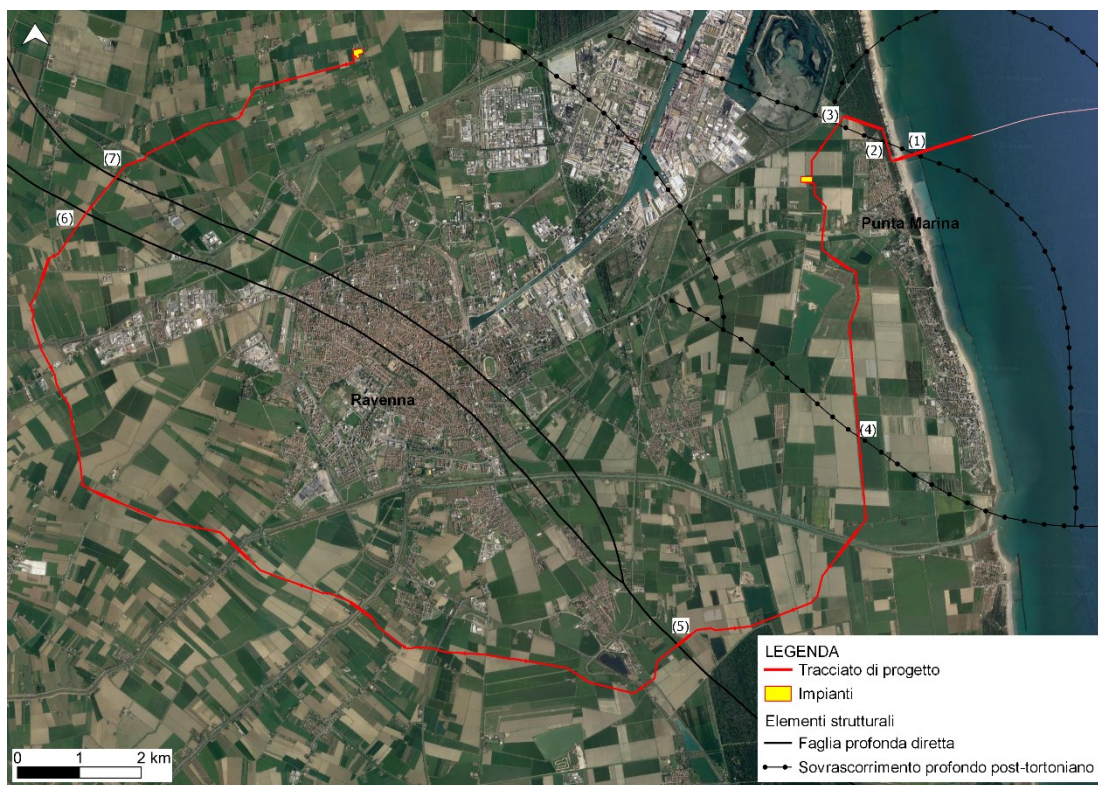




Figura 2.4.B – Principali elementi strutturali nell'area di studio e sovrapposizioni con il tracciato di progetto.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 18 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

3 GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO

Da un punto di vista morfologico, a scala regionale, l'area è il risultato della complessa interazione di processi fluviali, marini costieri e tidali che hanno caratterizzato la dinamica deposizionale tardo-olocenica.

Il territorio è costituito da una pianura alluvionale intensamente antropizzata, con alvei fluviali pensili ed argini rialzati, rinforzati dall'uomo nel corso dei secoli scorsi al fine di consentire il deflusso incanalato e proteggere le aree abitate e coltivate dalle frequenti esondazioni dovute alle improvvise piene dei fiumi, che trovano facile e rapida espansione nelle zone tra un corso d'acqua e l'altro, talora particolarmente depresse.



Gli argini fluviali ed i rilevati stradali sono gli unici rilievi riscontrati nell'area di pianura, mentre nella zona costiera si hanno in alcune ristrette fasce modesti rilievi determinati dalla presenza di cordoni litorali dunosi.

Trattandosi di un territorio interamente pianeggiante tali corsi d'acqua negli ultimi 30 anni, sono stati contenuti entro alte e consistenti arginature, fino a 12 metri dal piano campagna per evitare che venissero allagate le zone circostanti. Le direzioni prevalenti di scorrimento sono da sud-ovest verso nord-est, così come determinato dall'esposizione predominante del versante appenninico romagnolo, mentre nel tratto terminale verso il mare l'orientazione degli alvei tende a disporsi da ovest verso est.

Il regime caratteristico dei corsi d'acqua si manifesta con piene rapide e consistenti in occasione di eventi meteorici intensi, in prevalenza nei periodi autunnali e primaverili e magre notevoli negli inverni particolarmente aridi e d'estate. Oltre ai corsi d'acqua naturali esiste una fittissima rete di canali artificiali nei quali confluiscono tutte le acque di scolo dei territori tra un fiume e l'altro e dove i livelli idrici sono costantemente regolati da numerosi impianti idrovori. Nell'area di progetto insistono anche diversi specchi d'acqua e zone umide.

La zona più strettamente costiera presenta un'orientazione in senso NO-SE ad andamento leggermente concavo. La costa non presenta articolazioni morfologiche naturali (baie, insenature, ecc.) e la sua morfologia, ovunque bassa, piatta e a debole acclività verso il mare, è caratterizzata dalla presenza di spiagge sabbiose che ricoprono materiali limoso-argillosi corrispondenti a più antichi depositi palustri e alluvionali.

Una menzione particolare merita il fenomeno della subsidenza. La subsidenza è il fenomeno geodetico di abbassamento della superficie terrestre causato da cambiamenti che avvengono nel sottosuolo per cause sia naturali e sia artificiali; esso rappresenta un fattore di rischio nelle aree intensamente urbanizzate per la popolazione soggetta ad inondazione o per le strutture ad elevato carico statico, quando l'abbassamento del terreno è particolarmente consistente o quando la topografia è già depressa e vicina, o addirittura al di sotto del livello del mare.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 19 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

In Italia le aree interessate da processi di subsidenza sono individuabili in corrispondenza sia della Pianura Padano-Veneta (inclusi i margini meridionali dei laghi alpini) sia di molte piane costiere (ad esempio la Pianura Pontina). Ben noti in letteratura e oggetto di un'attenzione particolare per la loro rilevanza economica e artistica sono i casi di Venezia e Ravenna. Qui hanno interagito negativamente, in passato, processi naturali e attività antropiche. Queste ultime sono ora sotto controllo, ma il fenomeno difficilmente si potrà arrestare del tutto, essendo connesso a processi diagenetici, tettonici e di riequilibrio isostatico.

Il territorio ravennate è da sempre interessato dal fenomeno della subsidenza tanto che i resti archeologici individuati nel sottosuolo della città mostrano che Ravenna fu più volte interessata da cosiddette "crisi subsidenziali", con periodica ricorrenza durante tutti i suoi tre millenni di vita.

Nell'area, infatti, la compattazione naturale dei depositi sedimentari e le cause tettoniche concorrono a produrre tassi di abbassamento valutabili nell'ordine dei 3-5 mm/anno circa. A partire dal secondo dopoguerra il territorio ravennate è stato interessato da marcati fenomeni di abbassamento a causa dell'incremento indotto dalla subsidenza antropica, che ha accelerato quella naturale, soprattutto per l'elevato emungimento di acqua dal sottosuolo per scopi industriali e, in misura minore per scopi irrigui.

Significativi abbassamenti si sono avuti specialmente nell'area della zona industriale, dove è più alta la concentrazione di pozzi. Da studi bibliografici è emerso che soprattutto negli anni '70 le velocità di abbassamento sono state di alcuni cm/anno, mentre attualmente tali valori sono sotto controllo e si sono ridotti abbondantemente per l'applicazione di una serie di misure e provvedimenti volti ad un più razionale sfruttamento delle risorse sotterranee, non arrivando, tuttavia, ad annullarsi completamente.



È importante sottolineare che il fenomeno della subsidenza non influenza negativamente l'opera in progetto; infatti dai sopralluoghi specialistici eseguiti lungo i metanodotti già realizzati e nelle infrastrutture Snam, presenti in tale territorio da decenni, non è emersa alcuna problematica relativa alla subsidenza.

3.1 Interferenze geomorfologiche dei tracciati

L'analisi geomorfologica non ha messo in luce aree geomorfologiche da attenzionare legate all'instabilità dei versanti essendo l'area di studio esclusivamente pianeggiante.

Differentemente l'area di studio è soggetta al rischio idraulico, infatti il tracciato di progetto presenta delle interferenze con gli areali perimetrati dalle carte del rischio del Piano di Assetto Idrogeologico.



Queste interferenze non producono criticità all'opera in progetto dato che la condotta sarà totalmente interrata, quindi non ostacolerà il normale deflusso delle acque superficiali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 20 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Per quanto riguarda gli attraversamenti fluviali si evidenzia che i canali ed i corsi d'acqua minori verranno attraversati nella maggior parte dei casi a cielo aperto prevedendo un accurato e ponderato approfondimento della posa della condotta. Nel caso di Fiumi Uniti, Scolo Chiavichetta, Fiume Ronco, Fiume Montone, Scolo Via Cupa, Scolo Canala l'attraversamento verrà realizzato mediante tecnologia trenchless, il quale garantirà ampi margini di copertura e non interferirà direttamente con le sponde e gli argini pensili (dove presenti).

L'attraversamento dei corsi d'acqua, con scavi a cielo aperto, necessita di opere di ingegneria naturalistica (da concordare con l'autorità competente), la cui funzione è quella di evitare fenomeni di erosione spondale e di fondo in corrispondenza della sezione di attraversamento della condotta.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 21 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

4

INQUADRAMENTO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO

La morfologia pianeggiante del territorio interessato dall'opera in progetto è caratterizzata dalla presenza di una fitta rete di corsi d'acqua, sia alvei fluviali che canali di scolo e di bonifica (Figura 4.A). L'idrografia è fortemente antropizzata, con arginature, regolarizzazioni d'alveo e rettifiche, fino a raggiungere, negli areali di bonifica, caratteri di completa artificialità con molteplici situazioni di scolo meccanico delle acque meteoriche.

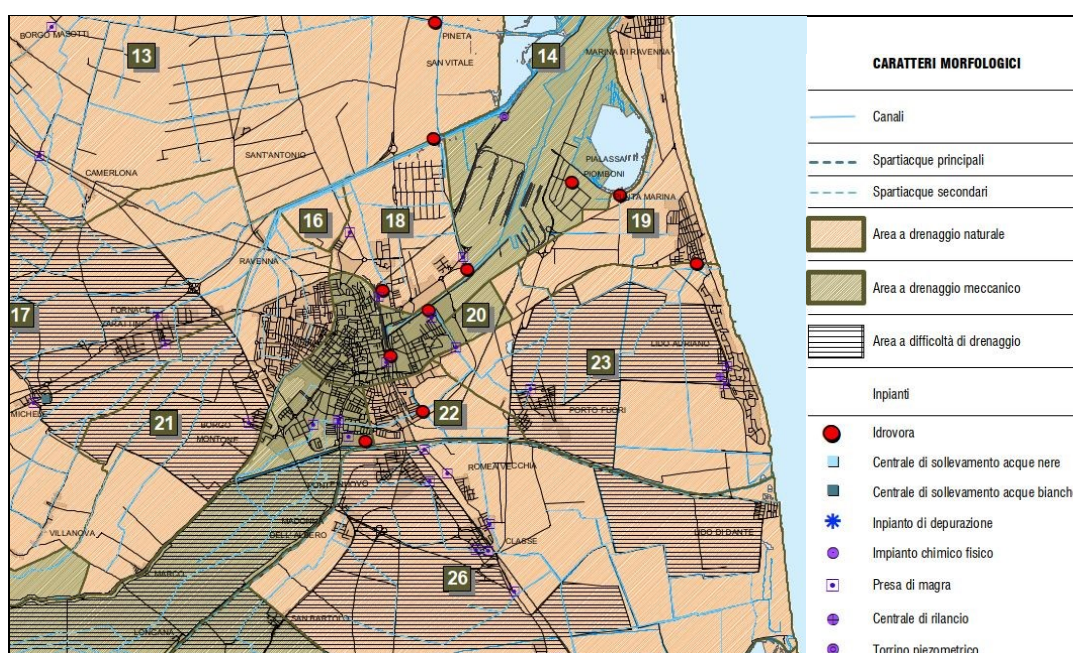




Figura 4.A – Stralcio della carta “Acque superficiali: Carta del drenaggio B.2.1” del PSC del comune di Ravenna.

I corsi d'acqua principali, a sud della città, sono rappresentati dal F. Ronco e dal F. Montone, entrambi corsi naturali che si originano sulla catena appenninica a monte di Forlì e che, raggiunto l'abitato di Ravenna, confluiscono formando i Fiumi Uniti, con sbocco al mare tra Lido di Dante e Lido Adriano.

Un altro importante canale è il cosiddetto Scolo La Canala che drena una vasta area ad ovest e nord della città di Ravenna, confluendo in mare presso Porto Corsini.

Da un punto di vista idrogeologico, secondo lo studio condotto da Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998), nell'ambito del territorio della pianura romagnola si possono riconoscere diversi corpi acquiferi, posti a varie profondità, separati da diversi livelli impermeabili più o meno potenti.

In particolare, le attuali conoscenze permettono di ipotizzare la suddivisione del sistema nelle seguenti unità idrogeologiche, dall'alto verso il basso (Figura 4.B):

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 22 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

- *Acquifero freatico superficiale*: dai dati bibliografici e dalla profondità media dei pozzi presenti si evidenzia che l'acquifero superficiale presenta mediamente una potenza variabile tra i 15 e 20 m. Tale acquifero freatico è spesso legato ad una circolazione in terreni misti costituiti generalmente da alluvioni e depositi di palude salmastra, con potenze da pochi metri sino ad oltre 10 m, che sovrastano il banco sabbioso litorale; talora, in alternativa, si riscontrano terreni coesivi argilloso-limosi inframmezzati da lenti sabbiose alluvionali;
- *Livello impermeabile argilloso di separazione*;
- *Sistema di acquiferi con falde in pressione*.

I depositi presenti nell'area interessata dalla realizzazione dell'opera rientrano nel Gruppo Acquifero A – Complesso Acquifero A1 (Figura 4.B).

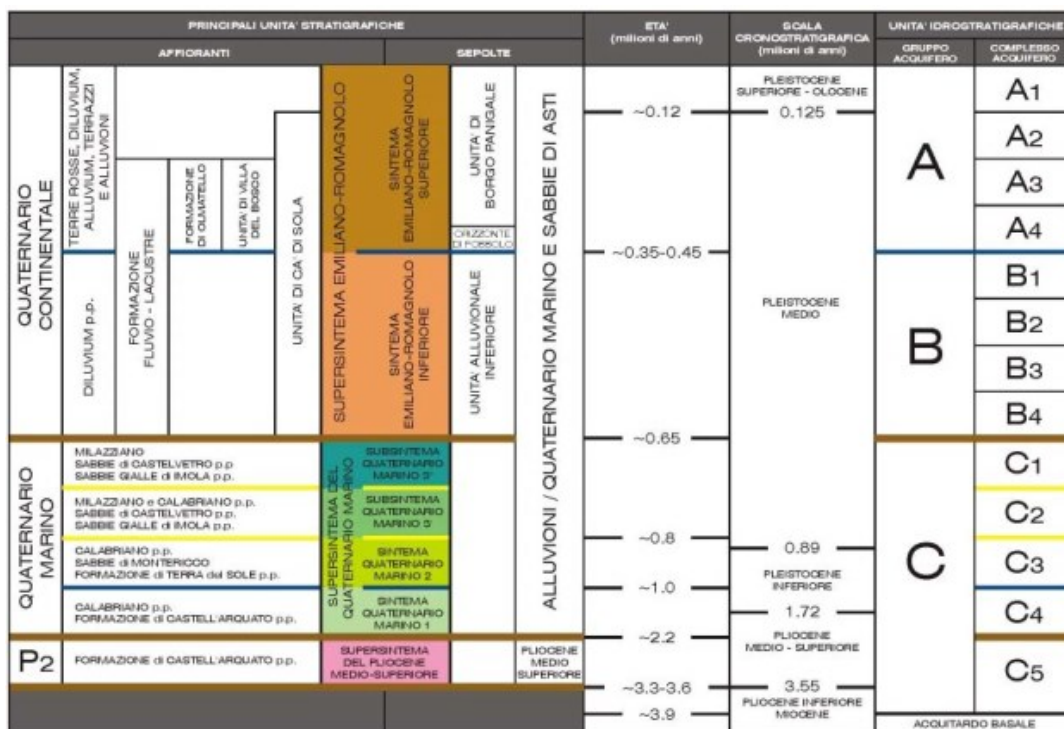




Figura 4.B – Schema idrostratigrafico della Pianura Emiliano-Romagnola (Eni-Agip, RER).

Le caratteristiche litologiche dell'area, con presenza di livelli sabbiosi, soprattutto nell'ambito dei cordoni costieri, sono tali da poter ospitare tale acquifero freatico con livello piezometrico superficiale. Lo stralcio allegato (Figura 4.C) mostra infatti che nell'area di studio il livello isofreatico risulta molto superficiale, tra 0 e -2,00 m dal livello medio del mare. La falda è caratterizzata da una bassissima velocità di flusso, stimata nell'ordine di 1 m/anno.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 23 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

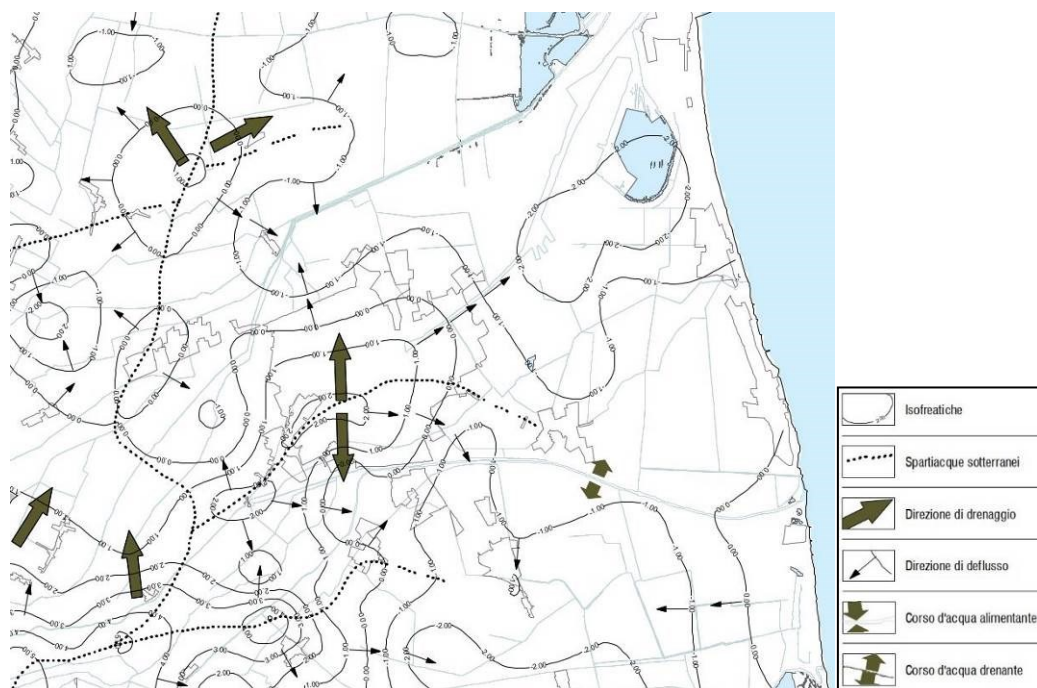




Figura 4.C – Stralcio della carta “Acque sotterranee: Carta delle isofreatiche B.2.2.a” del PSC del comune di Ravenna.

Si segnala, inoltre, il problema della contaminazione salina dell’acquifero freatico costiero. La salinizzazione è aumentata notevolmente negli ultimi decenni e sta minacciando i terreni agricoli e gli ecosistemi naturali della zona costiera ravennate, come pinete, dune costiere e lagune.

Il processo di salinizzazione è causato principalmente da due fattori: l’intrusione dell’acqua di mare e la risalita di acque salmastre dalla base dell’acquifero. Il primo fenomeno è favorito dal gradiente idraulico che si genera da mare verso l’entroterra a causa della modesta elevazione dell’area (su cui incide anche la subsidenza) e dalla forte opera di drenaggio delle idrovore costrette ad abbassare la tavola d’acqua. Il secondo processo, ovvero la risalita di acque salmastre dalla base dell’acquifero, avviene sempre ad opera delle idrovore, in quanto, riducendo il carico idraulico favoriscono la risalita di acque profonde con salinità, molto spesso, superiori all’acqua di mare. Gli impianti di sollevamento idraulico, essendo localizzati lontano dalla costa, generano un cono di depressione avente la massima profondità ad ovest delle Pinete storiche. In questo modo si genera una cella di flusso molto ampia che richiama acqua direttamente dal mare.

4.1 Vincoli di Natura Idrogeologica

Il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico redatto dall’ Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli delimita un’area a cavallo del corso dei Montone, Ronco e

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 24 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Uniti vincolata per “Distanza di rispetto dai corpi arginali”, all’interno della quale sono fissate delle prescrizioni (v. Fig. 9).

Tali prescrizioni consistono nel divieto di realizzare qualsiasi costruzione a distanza inferiore a 30 m dal piede dell’argine, come recita l’Art. 10, comma 2, della Normativa del Piano sotto riportato:



Per una distanza dal piede esterno degli argini dei corsi d’acqua principali di pianura, come definiti nell’art. 2, pari a metri 30, è comunque vietata ogni nuova costruzione. In tale fascia di rispetto sono consentiti unicamente gli interventi di cui al 2° comma dell’art. 3 delle presenti norme.

mentre sono consentiti solamente entro tale limite di 30 m (v. Art. 3 comma 2):

gli interventi idraulici volti alla messa in sicurezza delle aree a rischio, approvati dall’autorità idraulica competente, tali da migliorare significativamente le condizioni di funzionalità idraulica, da non aumentare il rischio di inondazione a valle e da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva.

demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, ristrutturazione edilizia, così come definiti alle lettere a), b), c) e d) dell’art. 31 della legge n. 457/1978 e senza aumento di superficie o volume, ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-sanitario e di sicurezza.

Al di là della distanza di 30 m dal piede arginale, è stata definita dall’Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli una fascia di rispetto dai corpi arginali nel caso di eventuale rottura del corpo stesso e di flusso idrico conseguente da determinare secondo la metodologia riportata nella “Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche” (pag.74) approvata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 (ABR Romagnoli).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 25 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

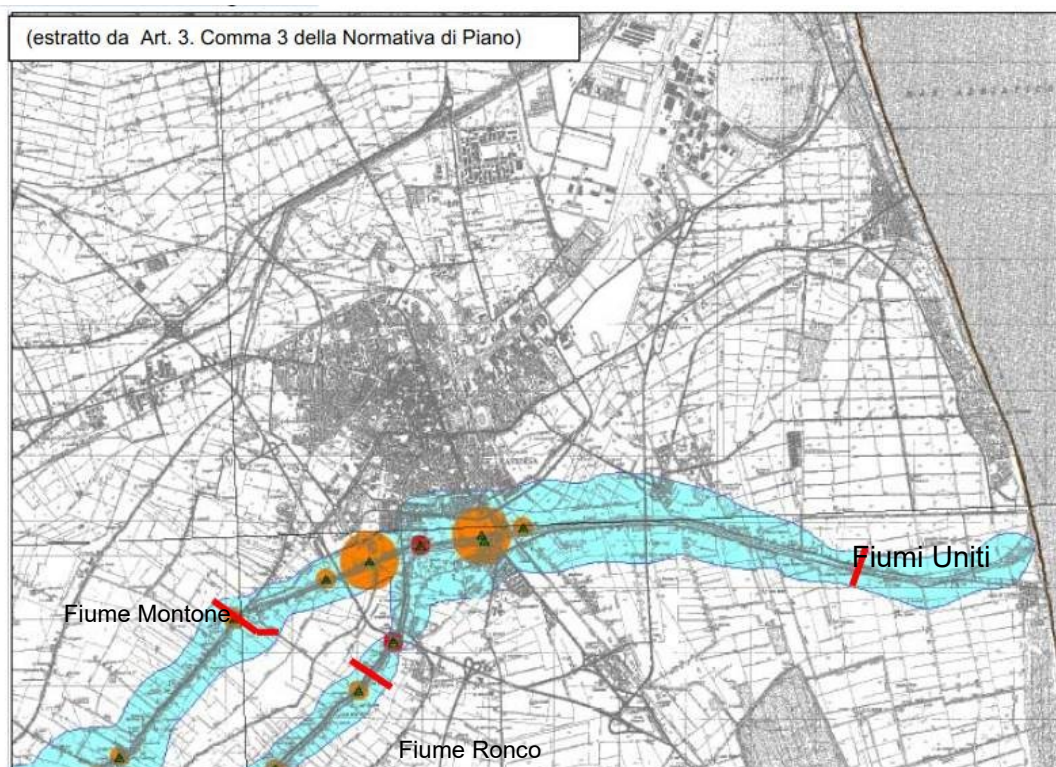




Figura 4.1-D – Stralcio della carta di “Perimetrazione delle aree a vincolo idrogeologico”. Da Piano Stralcio per il Vincolo Idrogeologico, Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. In rosso: attraversamento metanodotto; in azzurro: limite area vincolata per “Distanza di rispetto dai corpi arginali”.

Il tracciato del metanodotto in oggetto attraversa in subalveo i Fiumi Uniti, il F. Ronco e il F. Montone ad elevata profondità utilizzando la tecnica della perforazione orizzontale controllata (T.O.C.)

Sicuramente i punti di ingresso e di uscita della trivellazione si trovano a distanza superiore di 30 m dal piede dell’argine, ma ricadono nell’ambito delle fasce di rispetto dai corpi arginali per rischio di un’eventuale loro rottura. Tuttavia tale interferenza non è ostativa alla realizzazione del tracciato in progetto in quanto sarà totalmente interrato.

Si ritiene comunque che all’esterno del tratto posato in profondità tramite trivellazione, la tubazione del metanodotto, interrata con una copertura minima di 1,50 m, non rappresenti un impedimento all’eventuale corrente conseguente al crollo o sormonto arginale e, al contempo, non risenta di alcun rischio stanti i deboli tiranti e le basse velocità della corrente di esondazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 26 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

4.2 Interferenza con Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)

L'opera in progetto ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po che, in seguito alla seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 23 maggio 2017, è subentrata alla già Autorità di Bacino del fiume Po e alla quale sono stati annessi i Bacini interregionali del Reno, del Fissero-Tartaro-Canal Bianco, del Conca-Marecchia e i bacini regionali Romagnoli.

L'area di studio è compresa nell'unità di gestione ITR081 "**Bacini Romagnoli**" (Fig. 4.2.A).

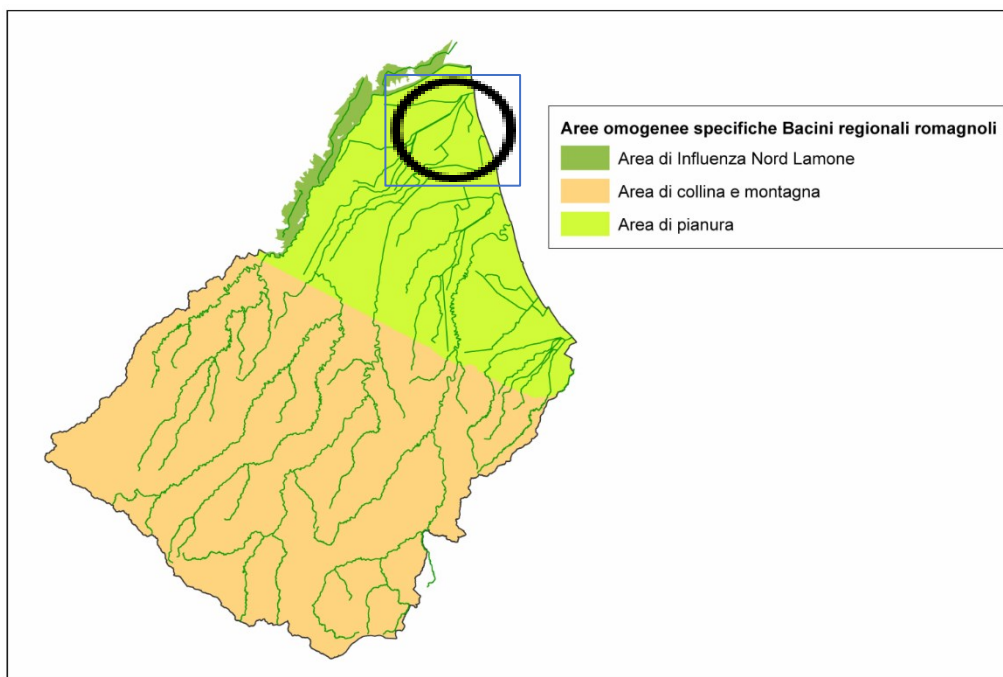




Figura 4.2-A – Perimetrazione Bacini regionali Romagnoli. Cerchiata in nero l'area di studio.

Il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dei Bacini Romagnoli, che affronta in maniera organica per tutto il territorio di competenza le tematiche del rischio idraulico (Titolo II – Assetto della rete idrografica) e del dissesto dei versanti (Titolo III – Assetto idrogeologico), è stato adottato in forma di progetto fin dal 27 aprile del 2001 ed approvato (impianto originario) dalla Giunta Regionale il 17 marzo 2003 (DGR 350/2003).

Per il rischio idraulico (Titolo II) la norma prevede la perimetrazione di:

- AREE AD ELEVATA PROBABILITÀ DI ESONDAZIONE (Art. 3): sono le aree nelle quali si riconosce la possibilità di espansione del corso d'acqua in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore a 30 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 27 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

- AREE A MODERATA PROBABILITÀ DI ESONDAZIONE (Art. 4): sono le aree nelle quali si riconosce la possibilità di espansione del corso d'acqua in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore a 200 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.
- AREE DI POTENZIALE ALLAGAMENTO (Art. 6): sono le aree nelle quali si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d'Acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici. Tali aree, individuate in conformità con il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni di cui alla Direttiva 2007/60/CE, sono indicate nelle tavole della Perimetrazione aree a rischio idrogeologico relative al territorio di pianura del bacino idrografico oggetto del presente piano.

Relativamente alla pericolosità idraulica, la Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi di alluvioni (Direttiva Alluvioni o Floods Directive) è stata recepita con D. Lgs. 49/2010.

Le sue finalità sono quelle di istituire un quadro di riferimento per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni ed il suo punto di arrivo è rappresentato dalla redazione del **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)**, il quale contiene tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio di alluvioni e fissa come principali target:



1. Obiettivi per la salute umana;
2. Obiettivi per l'ambiente;
3. Obiettivi per il patrimonio culturale;
4. Obiettivi per le attività economiche.

Nel Piano sono affrontate le misure di prevenzione, con indicazioni sulla fase di previsione delle alluvioni, dei sistemi di allertamento e le misure di protezione con i piani di gestione in fase di evento.

In questo contesto i Bacini Romagnoli sono inseriti all'interno del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (vedi fig. 4.2-B)

Le aree in cui perseguire il raggiungimento degli obiettivi elencati in precedenza, sono individuate nelle mappe della **pericolosità da alluvione**, le quali individuano le aree potenzialmente interessate da inondazioni in relazione a tre scenari di probabilità:

- Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (**P1**, probabilità bassa);
- Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno di riferimento fra 100 e 200 anni (**P2**, media probabilità);

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 28 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

- Alluvioni frequenti: tempo di ritorno di riferimento fra 20 e 50 anni (**P3**, elevata probabilità).



Le Norme di attuazione al Titolo II (Rischio idraulico e assetto della rete idrografica) individuano gli articoli mediante i quali vengono normate le aree a rischio idraulico e, in particolare le aree ad alta probabilità di inondazione (art. 16), le fasce di pertinenza fluviale (art. 18) e le aree a bassa probabilità di inondazione (art. 19).

Le mappe del rischio, invece, sono in grado di esprimere sinteticamente, attraverso un'unica mappa, il modo in cui la pericolosità (P1, P2, P3) e il danno potenziale si combinano all'interno delle aree allagabili. Le classi di rischio da alluvione sono:

- R4 molto elevato
- R3 elevato
- R2 medio
- R1 moderato o nullo

Esse quindi indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni nell'ambito dei tre scenari di pericolosità espresse in termini di:

1. numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
2. tipo di attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
3. numero di impianti di cui alla Direttiva 2010/75/EU (Industrial Emissions Directive) che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette, come definite nell'allegato IV paragrafo 1 punti i), iii) e v) della Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque, Water Framework Directive), potenzialmente interessate da tale inquinamento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 29 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

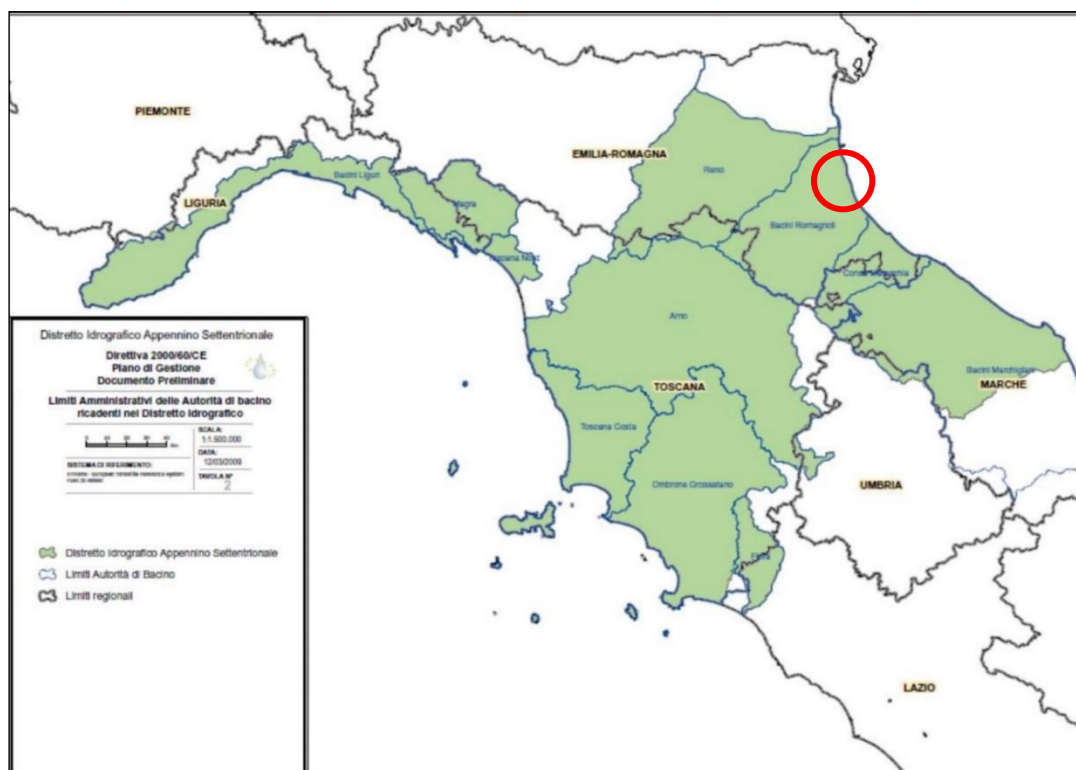




Figura 4.2-B: Suddivisione Territorio del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale secondo la "Direttiva Alluvioni". Cerchiata in rosso l'area di studio

L'individuazione delle interferenze con le aree a pericolosità da alluvioni è stata eseguita prendendo in considerazione le mappe della pericolosità del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Il tracciato dei metanodotti in progetto interferisce solo in corrispondenza dell'area costiera e degli attraversamenti dei Fiumi Uniti, Fiume Ronco e Fiume Montone con aree di Pericolosità P3, la restante parte dell'opera è quasi interamente compresa in area di Pericolosità P2 e P1. L'interferenza è visibile nella carta P.A.I.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 30 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Metanodotto	Classe di Pericolosità PAI - P.G.R.A.
Allacciamento FSRU di Ravenna (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar	P1 – Probabilità Bassa (ad esclusione del primo tratto approdo costiero in MT – Zona P3)
PDE FSRU di Ravenna e Impianto di Regolazione DP 100/75 bar	P1 – Probabilità Bassa
Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36"), DP 75 bar	P2 – Probabilità Media (degli attraversamenti dei Fiumi Uniti, Fiume Ronco e Fiume Montone – Zona P3)



Tabella 4.2 – Interferenza con Aree PAI-PGRA

Per i tratti di condotta interferenti con le aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) e media (P2) è necessario predisporre uno studio di compatibilità idraulica da sottoporre a parere dell'Autorità di Bacino sugli interventi di realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico. Relativamente alle aree a pericolosità da alluvione bassa (P1), gli interventi sono consentiti secondo le modalità e prescrizioni degli strumenti urbanistici vigenti garantendo, comunque, il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico.

P.A.I. FRANE

Dall'analisi geomorfologica è emerso che il tracciato in progetto non interferisce con alcuna area censita a pericolosità geomorfologica dal P.A.I. frane.

Allo stesso modo, anche dalla consultazione della cartografia ufficiale del Progetto I.F.F.I., redatto dall'I.S.P.R.A. (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), non è emersa alcuna interazione del tracciato in progetto con aree censite con movimenti franosi.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			NQ/R22178	
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 31 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

5

SISMICITA'

5.1 Classificazione sismica regionale e zonazione sismica

Gli studi sulla classificazione sismica si basano essenzialmente sulle conoscenze derivanti dai cataloghi dei terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni dell'accelerazione massima (a_{max}) attesa al sito con determinati tempi di ritorno.

La regione Emilia Romagna con delibera n. 1164 del 23/07/2018, ritenendo valida la classificazione sismica dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 e in seguito aggiornamenti con l'O.P.C.M. 3519/2006, ha individuato tre zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica.

In base a quanto detto, il territorio comunale di Ravenna appartiene alla zona sismica 3 (Figura 5.1.A), associata ad una classe di pericolosità sismica media. Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s (Tabella 5.1.A).

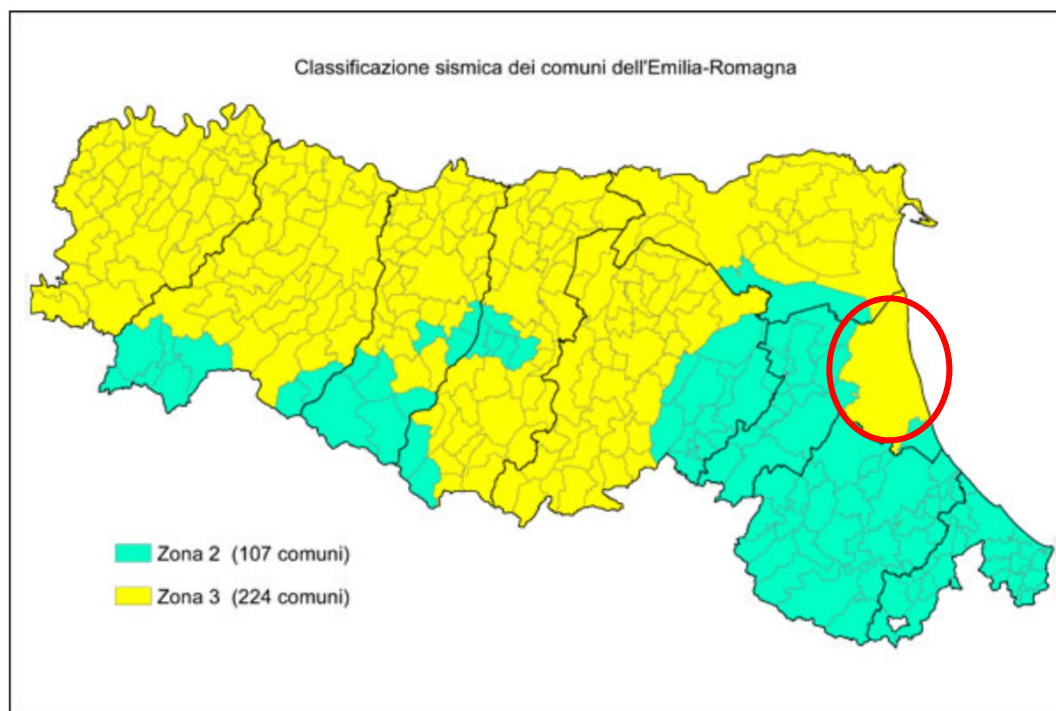




Figura 5.1.A – Classificazione sismica Regione Emilia Romagna secondo D.G.R. n. 1164 del 23 luglio 2018.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 32 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a _g]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a _g]
3	0,05 < a _g ≤ 0,15 g	0,15 g

Tabella 5.1.A – Valori di accelerazione massima al suolo a_g per la zona sismica 3.



In relazione alla microzonazione sismica della Regione Emilia Romagna, invece, è stato approvato l'aggiornamento delle linee guida per la microzonazione sismica ai sensi della L.R. 24/2017, attraverso la D.G.R. n. 476 del 12 aprile 2021 e la D.G.R. n. 564 del 26 aprile 2021, consistenti nella disponibilità dei nuovi riferimenti relativi all'analisi di microzonazione sismica di terzo livello.

5.2 Zone sismogenetiche della regione Emilia-Romagna

Sulla base di uno studio condotto dall'INGV (Meletti & Valensise, 2004) sono state individuate nel territorio nazionale alcune aree sismogenetiche, rappresentate da zone nelle quali sono attesi terremoti con magnitudo $M \geq 5$; questa zonazione, denominata ZS9, rappresenta il principale punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica del territorio, in particolare per quanto attiene ai criteri di costruzione degli edifici.

La ZS9 si basa sui dati derivanti dal catalogo dei terremoti, dalla localizzazione delle sorgenti sismogenetiche (faglie attive) ed è quindi coerente ed aggiornato con il quadro sismotettonico del territorio nazionale ad oggi disponibile. Un importante elemento di novità rispetto al passato è rappresentato dall'utilizzo dei meccanismi focali dei terremoti italiani; in particolare, sono stati utilizzati 1051 meccanismi relativi a terremoti avvenuti tra il 1905 ed il 2003, con magnitudo compresa tra 1.9 e 6.6 e profondità ipocentrale media di 11 km.

La mappa seguente evidenzia la localizzazione delle zone sismogenetiche ZS9 con la loro denominazione numerica. Da quanto emerge il territorio comunale di Ravenna, all'interno della quale ricade l'opera in progetto, rientra nella zona sismogenetica denominata 912 (Figura 5.2.A).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 33 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

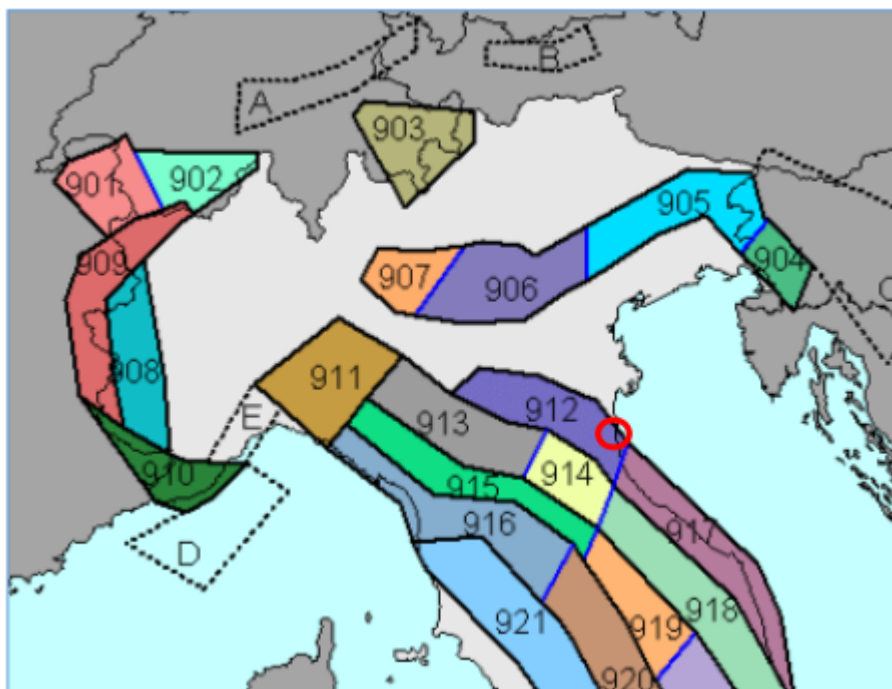


Figura 5.2.A - Zonizzazione sismogenetica; in rosso l'area di studio.



Nel dettaglio la zona sismogenetica 912 rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale. La sismicità di tale zona sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po) che si è manifestata in occasione dei recenti terremoti del maggio 2012 nel modenese.

Per questa zona lo studio ha messo in evidenza i seguenti parametri:

- Num. Eventi $M_d > 2.0 \rightarrow 180$
- Num. Eventi $M_d > 2.5 \rightarrow 141$
- Num. Eventi $M_d > 3.0 \rightarrow 54$
- Magnitudo massima (M_d) $\rightarrow 4.6$
- Classe di profondità (km) $\rightarrow 5-8$
- Profondità efficace (km) $\rightarrow 7$

5.3 Database D.I.S.S.

Dalla consultazione del "Database of Individual Seismogenic Source (D.I.S.S., versione 3.3.0) redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), l'area oggetto di studio risente dell'azione di alcune sorgenti sismogenetiche limitrofe, come si evince dalla figura sottostante (Figura 5.3.A), e le cui

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 34 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070



caratteristiche sono illustrate nelle tabelle sotto riportate (Tabelle 5.3.A, 5.3.B, 5.3.C e 5.3.D).

Il D.I.S.S. è una banca dati dell'I.N.G.V. delle sorgenti sismogenetiche in termini di scuotimento. Tale database contiene le informazioni relative a:

- La singola fonte sismogenetica, una rappresentazione semplificata e tridimensionale di un piano di faglia rettangolare. Si presume che le singole sorgenti sismogenetiche mostrino un comportamento “caratteristico” rispetto alla lunghezza/larghezza della rottura e all'ampiezza prevista;
- La fonte sismogenetica composita, una rappresentazione semplificata e tridimensionale di una faglia crostale contenente un numero imprecisato di fonti sismogenetiche che non può essere individuato. Le sorgenti sismogenetiche composite non sono associate a un insieme specifico di terremoti o distribuzione di terremoti;
- La zona di subduzione, una rappresentazione semplificata e tridimensionale del complesso sistema di subduzione, è principalmente identificata dai contorni di profondità della lastra subdotta. Analogamente alle fonti sismogenetiche composte, le zone di subduzione non sono associate a una serie specifica di terremoti o distribuzione di terremoti.

Nel D.I.S.S. è riportata la localizzazione e la geometria delle principali sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili dei terremoti aventi magnitudo $M > 5.5$ individuate nell'area di progetto.

In particolare, quelle più significative, sono riportate nella figura sottostante (Figura 5.3.A):

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 35 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

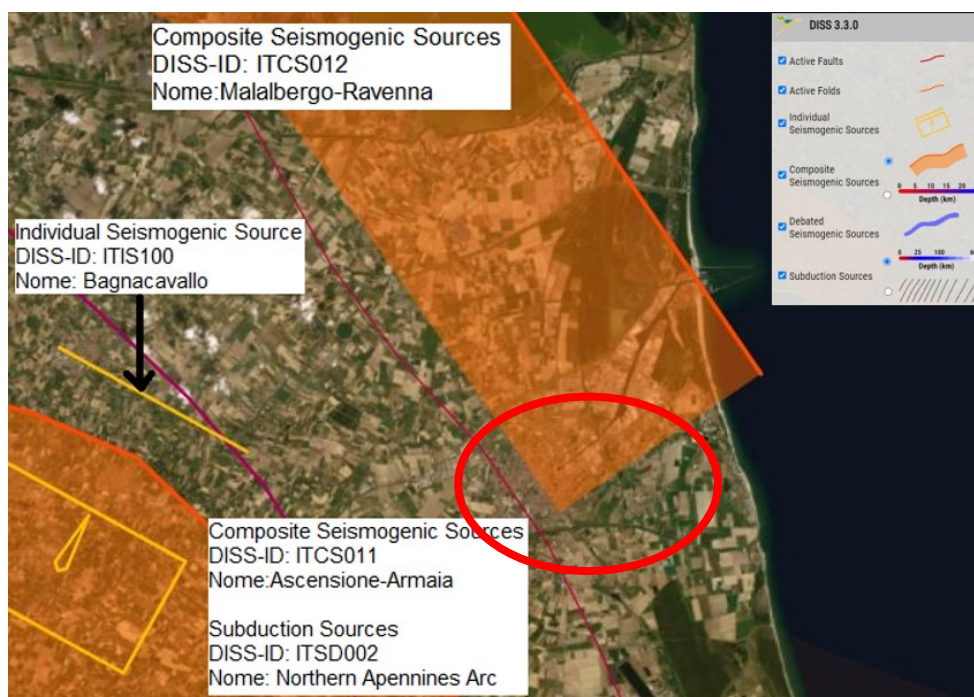




Figura 5.3.A - Ubicazione sorgenti sismogenetiche (da INGV “Database of Individual Seismogenic Source”, DISS, ver. 3.3.0), evidenziata in rosso l'area di studio.

La zona di subduzione, le sorgenti sismogenetiche composite e la sorgente singola prossime al sito di studio sono le seguenti:

Zona di subduzione ITSD002 “Northern Apennines Arc”

PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min Seismogenic Depth [km]	12.0	LD	Based on various published geological profiles
Max Seismogenic Depth [km]	20.0	LD	Based on rheological profiles from Carafa et al. (2015).
Dip direction	SW	LD	Based on geophysical and geological data from various authors
Convergence azimuth [deg CW from North]	30...70	LD	Based on geodetic data from various authors.
Convergence Rate [mm/y]	0.5...1.5	LD	Based on geodetic data from various authors.
Max Magnitude [Mw]	8.1	ER	Estimated from the scaling relation by Allen & Hayes (2017) applied to the area of the largest rupture area that fits inside the seismic interface.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			

Tabella 5.3.A – Caratteristiche zona di subduzione ITSD002 - Northern Apennines Arc.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 36 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Sorgente sismogenetica composta ITCS011 “Ascensione-Armaia”

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Max depth [km]	8.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Strike [deg] min... max	85...150	OD	Based on consideration on regional geological data.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on consideration on regional geological data.
Rake [deg] min... max	80...120	OD	Based on geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.49...0.55	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Based on geological data and analysis of regional seismicity.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;



Tabella 5.3.B – Caratteristiche sorgente sismogenetica composta ITCS011 – Ascensione-Armaia.

Sorgente sismogenetica composta ITCS012 “Malalbergo-Ravenna”

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Max depth [km]	10.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	110...140	LD	Based on geological data from various Authors.
Dip [deg] min... max	25...45	LD	Based on geological data from various Authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional tectonic data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.15...0.33	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Based on the strongest earthquake occurred in the region.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Tabella 5.3.C – Caratteristiche sorgente sismogenetica composta ITCS012 – Malalbergo-Ravenna.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 37 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Sorgente sismogenetica singola ITIS100 “Bagnacavallo”

PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	2.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Max depth [km]	10.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	110...140	LD	Based on geological data from various Authors.
Dip [deg] min... max	25...45	LD	Based on geological data from various Authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional tectonic data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1500... 0.3300	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	7.0	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			



Tabella 5.3.D – Caratteristiche sorgente sismogenetica singola ITCS011 – Bagnacavallo.

La zona di subduzione ITSD002 mette in contatto le unità umbro-marchigiane (Mesozoico-Cenozoico) sul bacino di avampaese adriatico (Lavecchia et al., 2003, 2007); nella sua porzione più orientale, rappresenta un piano di scollamento in comune con i thrust attualmente attivi nell'offshore adriatico e nel delta del Po.

La sorgente composita ITCS011 Ascensione-Armaia si trova a sinistra della bassa valle del T.te Savio, tra le città di Ravenna (a nord-est) e Forlì (a sud), e costituisce una parte del fronte compressivo dell'arco ferrarese. Tale sistema di faglie costituisce l'arco interno nord-est vergente nel settore nord orientale della catena appenninica settentrionale, tra l'area pedemontana romagnola e la pianura padana.

La sorgente composita ITCS012 Malalbergo-Ravenna taglia la regione attraverso la bassa valle del Fiume Reno fino a Ravenna e appartiene anch'essa al fronte compressivo dell'arco ferrarese. Questo sistema di faglie rappresenta l'arco più esterno vergente a nord-nord est della catena appenninica settentrionale e costituisce il sistema compressivo con il potenziale sismico più dannoso nell'Appennino.

La sorgente singola ITCS011 Bagnacavallo appartiene al sistema di pieghe più interno dell'Arco ferrarese-romagnolo, che rappresenta la parte più esterna del cuneo compressionale appenninico. Non sono presenti studi specifici sulla sorgente, ci sono solo pochi studi sul terremoto dell'11 Aprile 1688. Le informazioni sull'ubicazione, la geometria e l'attività recente possono essere desunte da lavori che trattano della geologia e geomorfologia della piana del Po.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 38 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

5.4 Faglie attive e capaci

Una faglia viene definita attiva quando si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni ed è considerata capace se raggiunge la superficie topografica.

Sia la comunità scientifica e sia gli strumenti di pianificazione mostrano un grande interesse relativamente alle zone interessate da Faglie Attive e Capaci. La conoscenza e l'ubicazione delle suddette strutture tettoniche è di fondamentale importanza per definire la pericolosità sismica locale, al fine di dare delle soluzioni progettuali adeguate alla mitigazione del rischio sismico.

Le strutture antropiche (infrastrutture e costruzioni) dovrebbero essere collocate ad adeguata distanza dalle faglie attive e capaci o comunque essere progettate con opportuni accorgimenti tecnici.

In Italia, in recepimento della normativa europea (Eurocodice 2008) soltanto per alcuni siti di importanza strategica, è previsto che questi non siano costruiti nelle immediate vicinanze delle strutture tettoniche riconosciute come sismicamente attive.

Bisogna però evidenziare che negli ultimi tempi, anche in Italia c'è una particolare attenzione sull'argomento; infatti, il Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome hanno emanato delle linee guida per la Gestione del Territorio in Aree Interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), da applicare soprattutto nelle microzonazioni sismiche.



Le faglie attive e capace, allo stato attuale, sono contenute in un banca dati (ITHACA - CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI ISPRA - Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia) suddivisa in due parti. Una struttura GIS per la consultazione delle informazioni geografiche e una parte alfanumerica dove sono contenuti tutti i dati associati. Tale database è liberamente consultabile al seguente link <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>.

Database ITHACA

Il catalogo ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) raccoglie tutte le informazioni disponibili sulle faglie capaci, ovvero le faglie che potenzialmente possono creare una deformazione tettonica permanente in superficie. Tale catalogo risulta di fondamentale importanza nell'analisi di pericolosità ambientale e sismica, nella comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, nella pianificazione territoriale e nella gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Dalla consultazione del catalogo ITHACA e del portale "ITHACA Mapviewer Portale" è emerso che il tracciato in progetto interferisce in modo diretto con le seguenti faglie attive e capaci (Figura 6.4.A):

- Faglia inversa "Fiumi Uniti – Ravenna" (93789) del sistema "Ravenna-Comacchio" con immersione SSW e lunghezza 13,6 km;
- Faglia inversa "Ravenna" (93791) del sistema "Ravenna-Comacchio" con immersione NE e lunghezza 16,9 km.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 39 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Le faglie intercettate sono riportate nel catalogo come “a bassa attendibilità”, con ultimi indizi di movimento nel Pleistocene inferiore. Considerando che il substrato roccioso eventualmente dislocabile da tali strutture si trova a profondità di svariate centinaia di metri ricoperto da sedimenti sciolti, si ritiene di fatto trascurabile o basso il rischio che si risenta in superficie di spostamenti strutturali.

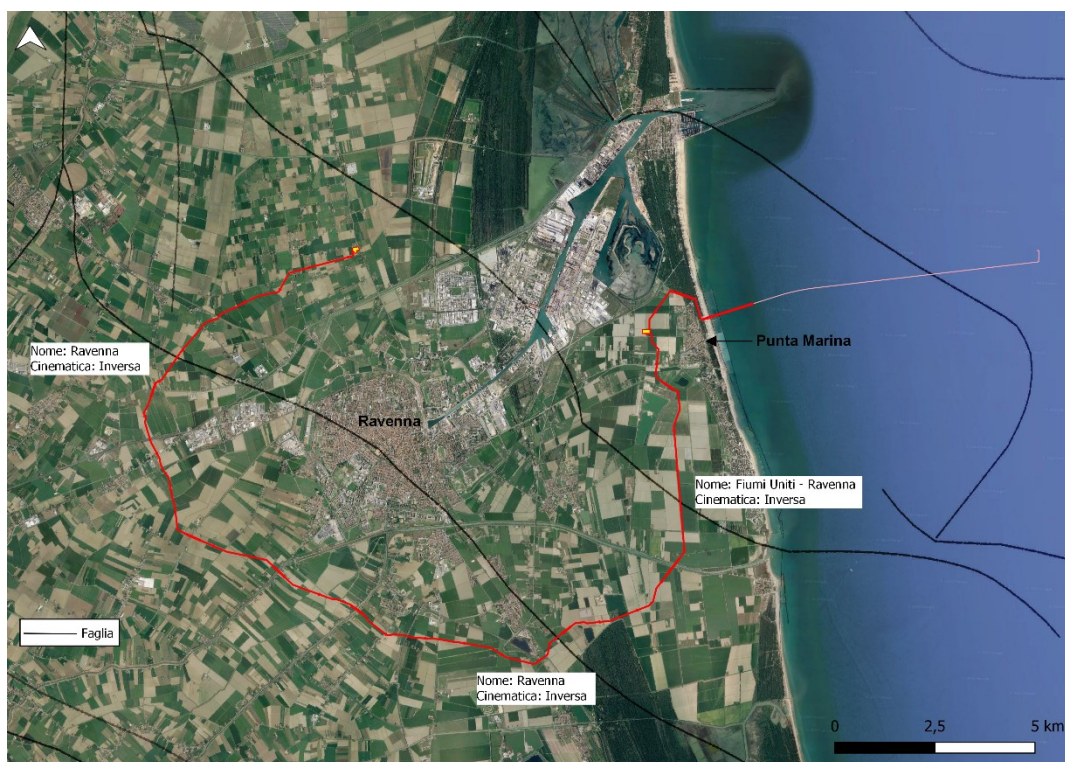


Figura 5.4.A – Interferenza tra il tracciato in progetto e le faglie attive e capaci del catalogo ITHACA.



5.5 Pericolosità sismica di base

Il metodo probabilistico con cui è stata costruita la carta nazionale della pericolosità sismica di base considera il processo sismico come un processo statistico ed utilizza l'intero database o catalogo dei terremoti al di sopra di una prefissata soglia di magnitudo.

In base a questo approccio, la pericolosità viene definita come la probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno in un determinato intervallo di tempo.

Tale parametro è espresso, generalmente, in termini di accelerazione al bedrock mediante metodi probabilistici che consentono di associare una probabilità e, quindi, un'incertezza, ad un fenomeno tipicamente aleatorio quale il terremoto.

Tra i parametri maggiormente utilizzati per scopi ingegneristici ci sono l'intensità macrosismica, la P.G.A. (Peak Ground Acceleration) ed i valori spettrali. I risultati di

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 40 di 60	Rev. 1



Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

questa metodologia sono riportati nell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 che aggiorna la normativa sismica italiana recependo gli indirizzi europei (Eurocodice 8). Essi sono, in genere, riferiti ad un certo livello di probabilità in un dato periodo di tempo; il valore presentato dalla norma, per l'indicatore di pericolosità è quello che si prevede non venga superato nel 90% dei casi in 50 anni.

I risultati possono essere interpretati come quel valore di scuotimento che nel 10% dei casi si prevede verrà superato in 50 anni, oppure la vibrazione che mediamente si verifica ogni 475 anni (cosiddetto periodo di ritorno).

Si tratta di una scelta convenzionale utilizzata nel mondo e, in particolare in campo europeo, è il valore di riferimento per l'Eurocodice sismico. Non corrisponde, pertanto, né al massimo valore possibile per la regione, né al massimo valore osservato storicamente, ma è un ragionevole compromesso legato alla presunta vita media delle strutture abitative. Va sottolineato che i due indicatori di pericolosità più utilizzati (PGA e I-MCS) rappresentano due aspetti diversi dello stesso fenomeno.

L'accelerazione orizzontale di picco (PGA) illustra l'aspetto più propriamente fisico: si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica. L'intensità macrosismica (I_MCS) rappresenta, invece, in un certo senso, le conseguenze socio-economiche, descrivendo, infatti, il grado di danneggiamento causato dai terremoti. La mappa di pericolosità, in termine di accelerazione di picco, è rappresentata in figura 5.5.A.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 41 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

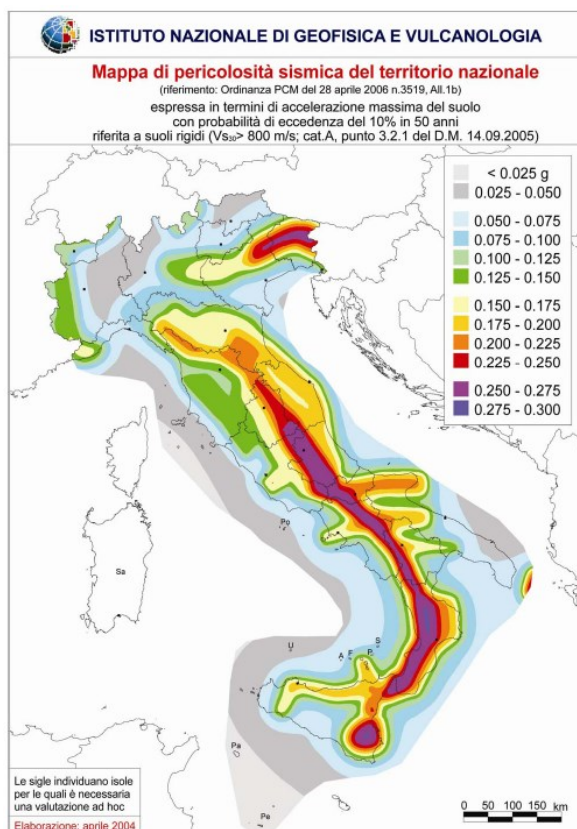


Figura 5.5.A – Mappa della pericolosità del territorio sismico nazionale.



La pericolosità sismica in un generico sito deve essere però descritta in modo da renderla compatibile con le Norme Tecniche sulle Costruzioni del 2018 e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

In base alle Norme Tecniche del 2018 l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate.

Definitivamente abbandonato il concetto di “Zone Sismiche”, il documento introduce un nuovo metodo di calcolo che considera la maglia elementare di riferimento come più preciso parametro per la classificazione sismica del territorio. Il territorio nazionale viene catalogato con 10.751 punti disseminati in modo omogeneo lungo la penisola; quindi si è in grado di determinare, dato un certo punto geografico, quale terremoto ha una certa probabilità di verificarsi.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'I.N.G.V., da cui è stata tratta la tabella A1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni, è costituita da Mappe di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 42 di 60	Rev. 1



Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Queste ultime sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi parametri sono definiti sempre in corrispondenza dei punti del reticolo di riferimento suddetto, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Di seguito (Figura 5.5.B) si riporta la mappa di pericolosità sismica relativa al territorio interessato dal tracciato del metanodotto in cui si evince che il **valore di $a(g)$ massimi attesi siano compresi tra 0.150 e 0.175** rispetto ad una scala che a livello nazionale si può spingere ad un massimo di $a(g)$ di 0.35 (OPCM 28 aprile 2006).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 43 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

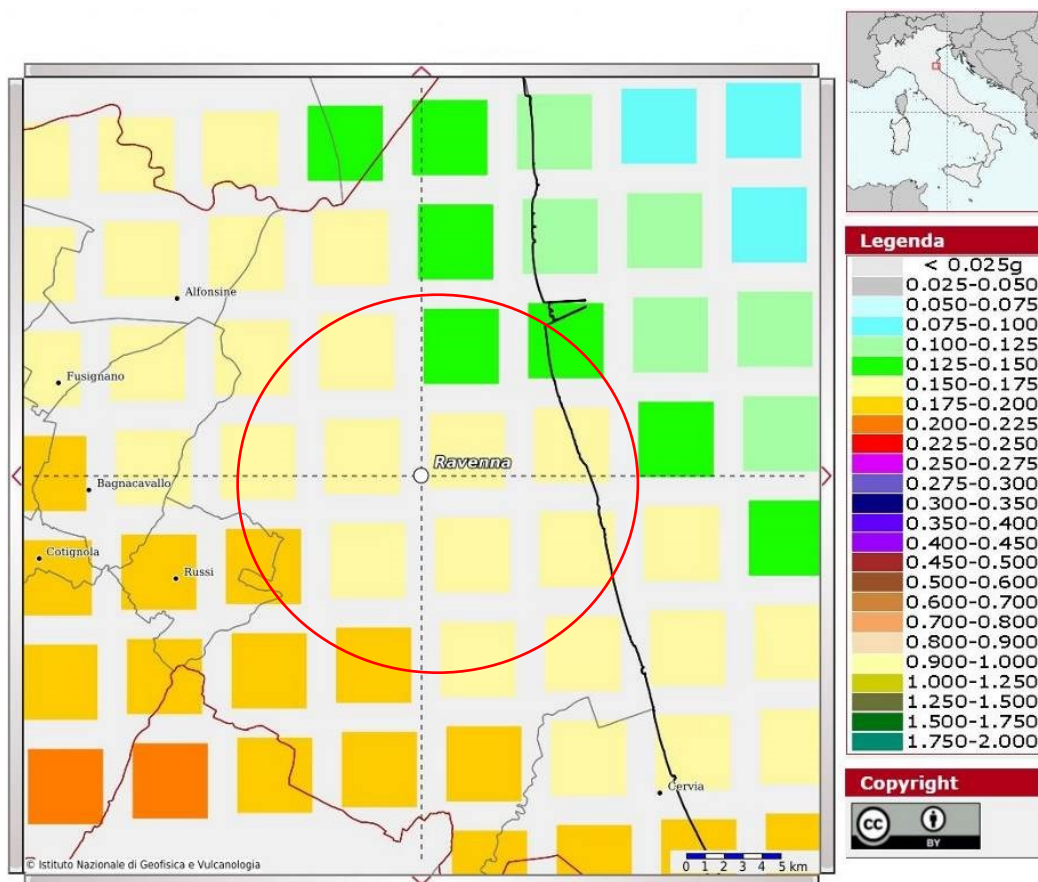



Figura 5.5.B – Mappa di Pericolosità Sismica dell'area interessata dalla realizzazione del metanodotto in progetto (cerchio rosso) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 44 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

5.6 Pericolosità sismica tracciato

Lo scopo del presente documento (relazione geologica) è quello di ricostruire il modello geologico e litostratigrafico lungo il corridoio del tracciato del metanodotto in progetto.

Pertanto, per la caratterizzazione della sismicità lungo il tracciato del gasdotto si fa riferimento ai dati bibliografici.

In particolare, per analizzare più dettagliatamente la Pericolosità Sismica Locale, con particolare riferimento al tracciato di progetto, è stata consultata la “Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)” scala 1:40.000 del Comune di Ravenna, ver. 1 - Dicembre 2020, allegata al Piano Urbanistico Generale (P.U.G.)



La Microzonazione Sismica consiste nella valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da un comportamento sismico omogeneo; in base a tale studio è stato possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, come ad esempio frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno.

Lo studio di Microzonazione Sismica di 1° livello rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di Microzonazione Sismica e consiste, principalmente, nella raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica preesistenti al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Generalmente, esso è finalizzato alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) e, quindi, alla valutazione della pericolosità, evidenziando le criticità ed identificando le aree per le quali sono richiesti studi di approfondimento.

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica individua e caratterizza:

- Zone stabili, ossia zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento, con $V_s > 800$ m/s), con morfologia pianeggiante o poco inclinata e, pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base;
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ossia zone in cui il moto sismico è modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di suolo, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- Zone di attenzione per le instabilità, ossia zone suscettibili di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 45 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Le Zone di attenzione per instabilità (ZA) corrispondono alle “Zone suscettibili di instabilità” originariamente previste da I.C.M.S 2008 (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica) e che vengono riferite al 1° livello dello studio di Microzonazione Sismica.

La consultazione della “Carta di Microzonazione Sismica” è stata effettuata allo scopo di avere un quadro completo della complessità sismica delle aree interessate dal passaggio della condotta in progetto rispetto alla pianificazione urbanistica, in ottemperanza al D.G.R. 476/2021 ed al D.G.R. 564/2021. Infatti, in essa sono stati assegnati alle varie zone individuate nella “Carta delle aree suscettibili degli effetti locali”, i valori dei fattori amplificazione secondo le procedure indicate nel D.G.R. 476/2021.

Dalla cartografia disponibile è emerso che la totalità del tracciato, ad eccezione di quelle aree non trattate dalla microzonazione sismica, ricade all'interno di “Zone di Attenzione per instabilità”, la cui instabilità è dovuta al fenomeno della liquefazione (ZALQ).



Le zone suscettibili di liquefazione sono quelle nelle quali gli studi di microzonazione sismica di 1° livello hanno verificato l'esistenza di quattro condizioni predisponenti, ossia:

1. Terreni sabbiosi;
2. Falda a profondità inferiore a 15 metri;
3. Magnitudo attesa al sito $M_w > 5$;
4. Accelerazioni massime in superficie $(PGA) > 0,1g$.

In particolare, per liquefazione si intende il processo di trasformazione di una sostanza solida in liquida e si verifica in condizioni sature d'acqua che, in seguito a sollecitazione ciclica, subiscono una riduzione della resistenza al taglio con conseguenti fenomeni di assestamento. Risultano soprattutto suscettibili alla liquefazione le sabbie fini e medie a granulometria uniforme con un contenuto di limo del 25%, in presenza di falda entro i primi 15 metri di profondità dal piano campagna.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 riportano che “la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze”:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 46 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

KPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 KPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 5.6.A (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 5.6 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

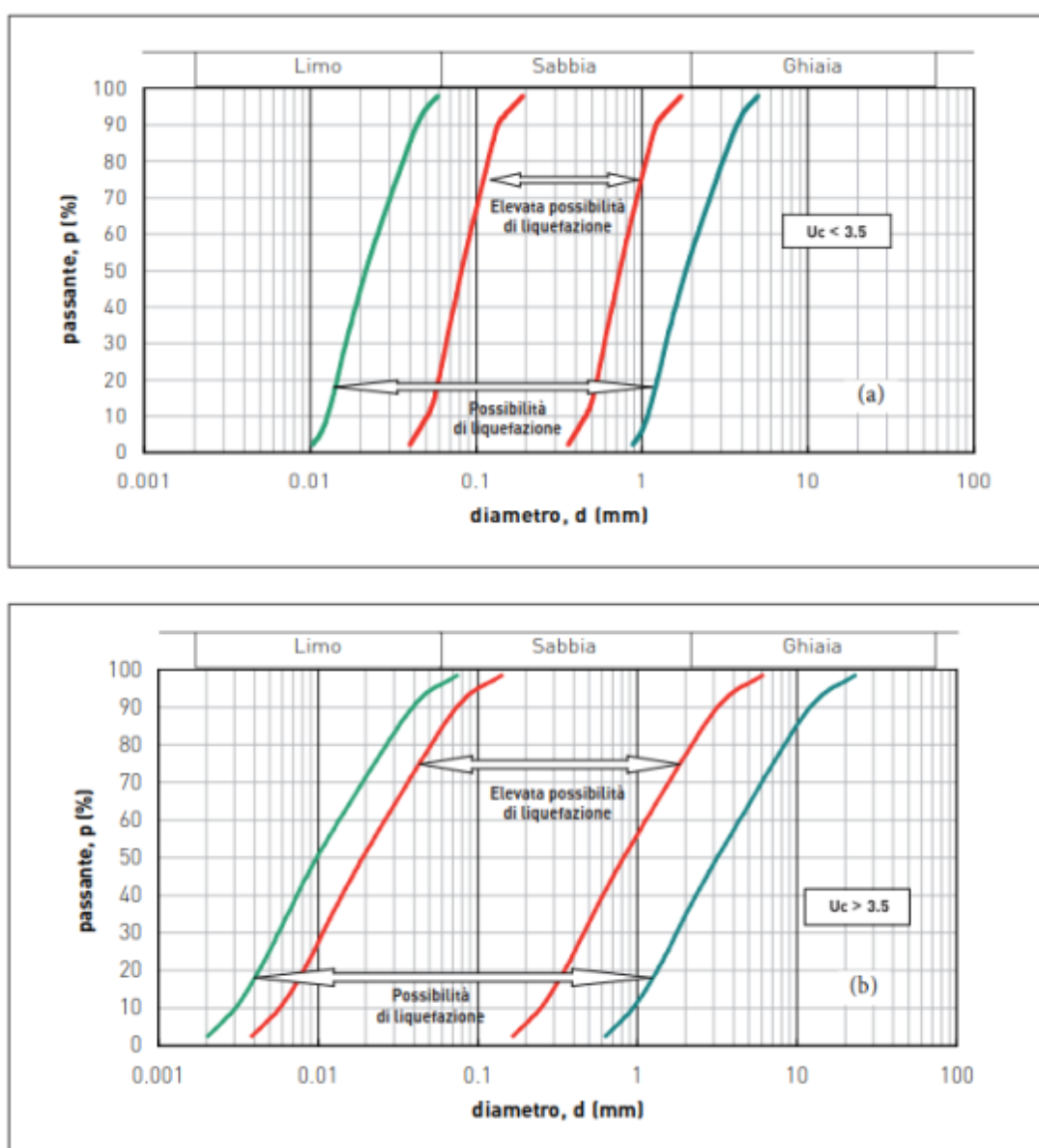




Fig. 5.6.A - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 47 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Tali zone sono state oggetto di approfondimenti a livello di pianificazione territoriale ed urbanistica, che hanno comportato la redazione della “Carta della potenziale liquefazione” (Microzonazione di 3° livello).

La Carta della potenziale liquefazione rappresenta l'elaborato fondamentale del 3° livello di approfondimento sismico.

La stima del potenziale di liquefazione è stata eseguita lungo le verticali S.C.P.T.U. realizzate, interessando i primi 20 metri di sottosuolo attraverso il ricorso ad alcuni metodi empirici più comunemente usati, moltiplicando l'accelerazione di sito (riferita al suolo rigido) di ogni singola prova con il fattore di amplificazione.

La carta consultata, riporta, oltre che il potenziale di liquefazione a 20 metri per sisma con magnitudo $M_w > 5$ e $T_r = 475$, anche lo stesso valore per profondità pari a 10 metri.

Dalla consultazione della cartografia ufficiale sono emersi, per le aree studiate, valori relativi di indice di liquefazione (IL) compresi tra 15 e 25, inserendo i terreni tra quelli potenzialmente liquefacibili.

Gli interventi progettuali ricadono, quindi, in un'area vasta potenzialmente liquefacibile, in quanto costituita da terreni a componente sabbiosa e caratterizzati dalla presenza di falda freatica con soggiacenza superficiale.

Allo stato attuale, per constatare la reale possibilità del verificarsi di tale fenomeno, è stato consultato lo studio di verifica alla liquefazione fornito dal committente basato nell'ambito della progettazione del “Metanodotto Ravenna Terra-Ravenna Mare DN 300 (12”), DN 650 (26”) e opere connesse”, il quale si sviluppa lungo lo stesso corridoio territoriale nel quale è previsto il nuovo gasdotto oggetto del presente studio.



Per tale verifica sono state eseguite n. 15 prove penetrometriche statiche con piezocono (C.P.T.u) lungo il tracciato interagente con le aree a potenziale liquefazione e ritenute sufficientemente significative.

In corrispondenza delle verticali indagate è stato valutato il fattore di sicurezza alla liquefazione (FL) relativamente ai terreni con granulometria sabbiosa-limosa e l'indice del potenziale di liquefazione (LP). In funzione del valore LP viene stimato il rischio di liquefazione in accordo con seguente tabella.

VALORE LP	RISCHIO DI LIQUEFAZIONE
LP=0	Molto basso
$0 < LP \leq 5$	Basso
$5 < LP \leq 15$	Alto
LP > 15	Molto alto

Tab. 5.6.A - Stima del rischio di liquefazione in funzione del valore dell'indice di potenziale liquefazione.

Sono stati successivamente determinati sia i valori del fattore di sicurezza dei vari strati (FS) ed anche l'indice di comportamento (IC), dal quale si stima la natura più

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 48 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

o meno granulare/coesiva dei singoli livelli secondo la classificazione di Robertson (1990):

I_c	CLASSI DI TERRENO
$I_c < 1.31$	Sabbie compatte
$1.31 < I_c \leq 2.05$	Sabbie ghiaiose-sabbie
$2.05 < I_c \leq 2.60$	Sabbia limosa
$2.60 < I_c \leq 2.95$	Limo sabbioso
$2.95 < I_c \leq 3.60$	Limo argilloso-argilla limosa
$I_c > 3.60$	Argille

Tab. 5.6.B – Classi di terreno in funzione del valore dell'indice di comportamento

Sono state stimate sperimentalmente relazioni che legano l'effettivo risentimento in superficie allo spessore del materiale più superficiale non liquefacibile (H_1) con il sottostante spessore dello strato liquefacibile, per diversi valori di accelerazione sismica (PGA), come riportato nella figura sottostante (fig. 5.6.B).

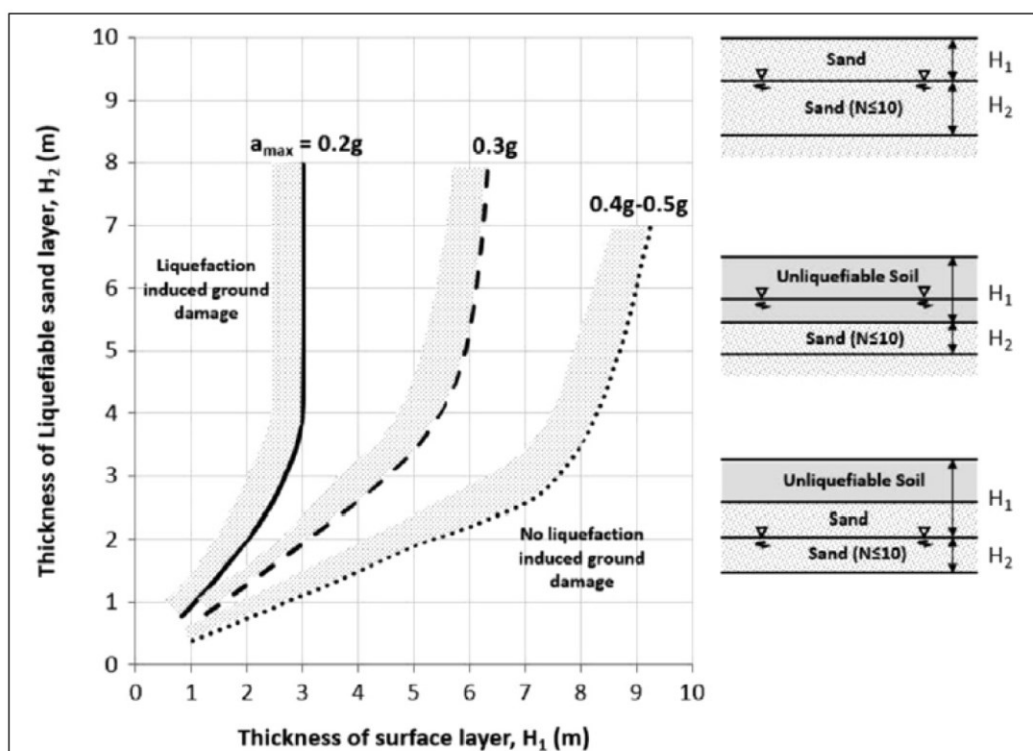




Fig. 5.6.B – Relazione tra lo spessore dello strato liquefacibile (H_2) e lo spessore dello strato non liquefacibile sovrastante (H_1) (da Ishihara, 1985)

Infine, oltre al fattore di sicurezza dei vari strati (FS), al potenziale cumulato di liquefazione (LP) ed alla possibilità di risentimento in superficie, sono stati stimati

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 49 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

anche i cedimenti post-sismici superficiali che i terreni possono subire se sottoposti ad impulso ciclico dovuto al sisma.

I risultati delle verifiche sono riepilogati per gli stati limite SLD ed SLV nella tabella seguente (tab. 5.6.C).



PROVA	PGA (g)	SLV Tr= 949 anni M= 5.88				SLD Tr=102 anni M= 5.88			
		LPI	Cedimenti	Risentimento superficiale	PGA (g)	LPI	Cedimenti	Risentimento superficiale	
			cm				cm		
CPTU 1	0.28	9.3	19.5	SI	0.12	0	0	NO	
CPTU 2	0.29	8.9	24.5	SI	0.12	0	0	NO	
CPTU 3	0.29	4.2	11.5	SI	0.12	0	0	NO	
CPTU 4	0.30	0.6	1.3	NO	0.13	0	0	NO	
CPTU 5	0.29	4.3	9.0	NO	0.12	0	0	NO	
CPTU 6	0.30	1.3	3.5	NO	0.12	0	0	NO	
CPTU 7	0.30	1.2	7.4	NO	0.13	0	0	NO	
CPTU 8	0.30	0.2	2.7	NO	0.13	0	0	NO	
CPTU 9	0.29	0.1	1.2	NO	0.12	0	0	NO	
CPTU 10	0.29	4.8	13.8	NO	0.12	0	0.3	NO	
CPTU 11	0.28	0.5	1.2	NO	0.12	0	0	NO	
CPTU 12	0.28	4.8	14.0	NO	0.12	0	0.3	NO	
CPT 1a	0.28	0.0	0.7	NO	0.12	0	0	NO	
CPT 1b	0.28	0.44	1.6	NO	0.13	0	0	NO	
CPT 6a	0.29	0.56	2.5	NO	0.13	0	0	NO	

Tab. 5.6.C – Risultati delle verifiche a liquefazione (LPI=0 rischio molto basso, 0<LPI≤5 rischio basso, 5<LPI<15 rischio alto, LPI>15 rischio molto alto)

L'ubicazione delle indagini è riportata in fig. 6.A del successivo paragrafo 6 del presente elaborato.

Ciò che emerge dalle verifiche sulla liquefazione, per lo stato limite SLD, periodo di ritorno 101 anni, è escluso qualsiasi rischio di liquefazione, di risentimento superficiale e di cedimenti del terreno sismoindotti. Per lo stato limite SLV, invece, (periodo di ritorno 949 anni), l'indice del potenziale di liquefazione è nella quasi totalità inferiore a 5 (rischio basso), soltanto in due casi (CPTU1 e CPTU2) i valori sono pari a circa 9 (rischio alto) e riguardano, rispettivamente, l'areale in prossimità dell'attraversamento dei Fiumi Uniti e dell'attraversamento del Canale Scolo Chiavichetta. Inoltre, in alcuni casi, per questo stato limite si hanno cedimenti cosismici di qualche centimetro fino ad un valore massimo di circa 25 centimetri.

I risultati ottenuti hanno mostrato che, seppur la “Carta della Microzonazione Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)” del Comune di Ravenna, indica che la totalità del tracciato, ad eccezione di quelle aree non trattate dalla microzonazione sismica, ricade all'interno di “Zone di Attenzione per liquefazione (ZALQ)”, soltanto due areali (attraversamento Fiume Uniti ed attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 50 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Canale Scolo Chiavetta) sono risultati suscettibili al fenomeno della liquefazione e per un elevatissimo tempo di ritorno (949 anni) con risentimenti superficiali.

Tuttavia, poiché il tratto di metanodotto compreso tra l'approdo e l'attraversamento dei Fiumi Uniti non è stato interessato da tale studio, sono in fase di esecuzione una serie di indagini geognostiche finalizzate ad avere una stratigrafia puntuale dell'areale ad oggi non indagato con particolare interesse alle litologie riscontrate nella verticale di investigazione ed alla profondità dell'eventuale livello idrico intercettato.



Inoltre, l'indagine riguarderà anche gli areali già investigati ad ulteriore conferma di quanto finora riscontrato. Dopodiché sarà eseguita un'ulteriore verifica a liquefazione ed eventualmente dovranno essere prese in considerazione tutte le eventuali opere necessarie a mitigare il fenomeno della potenziale liquefazione intervenendo con l'utilizzo di idonei sistemi di impermeabilizzazione delle strutture interrato e di opportune tecniche di abbattimento delle acque sotterranee in fase di cantiere.

5.7 Sismicità storica

Il territorio dell'Emilia Romagna presenta una sismicità rilevante distribuita prevalentemente lungo la catena appenninica, ma anche in una parte della Pianura Padana, e decisamente più moderata nel settore piacentino.

Negli ultimi decenni sono molte le sequenze sismiche significative che hanno interessato il territorio dell'Emilia Romagna. La più recente è quella del maggio-giugno 2012 in Pianura Padana emiliana lungo la dorsale ferrarese. Gli eventi di magnitudo più elevata hanno prodotto danni gravi in alcune località delle province di Modena e Ferrara. Le altre aree interessate da questa sequenza con eventi di magnitudo maggiore di 5.0 sono: il Parmense, il Reggiano, l'Appennino bolognese, la zona tra le province di Parma e Reggio Emilia e l'Appennino tosco-emiliano. Tuttavia le condotte Snam presenti nei territori coinvolti non hanno subito alcun danno durante il sisma.

Tali eventi sono compatibili con la storia sismica locale, come deducibili dal catalogo DBMI15 (Database Macrosismico Italiano – versione 4.0, prodotto dall'INGV) rilasciato a gennaio 2022 nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al comune di Ravenna (RA) (la cui intensità è sintetizzata in Figura 5.6.A).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 51 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

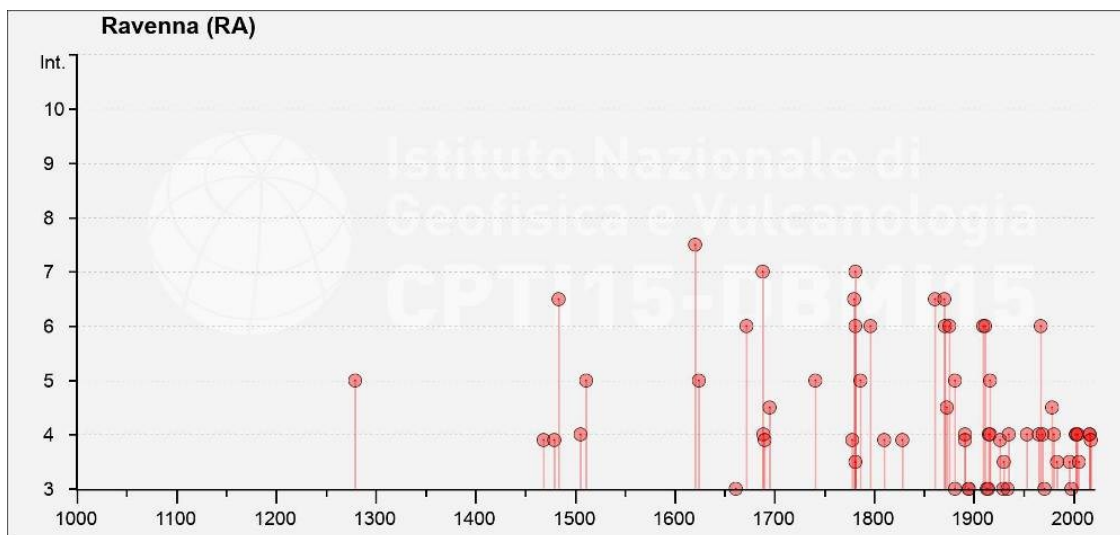




Figura 5.7.A - Diagramma degli eventi sismici del comune di Ravenna (RA).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 52 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

6

CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Per la caratterizzazione stratigrafica dell'area percorsa dal tracciato è stata analizzata la documentazione bibliografica disponibile (ARPA Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, Geoportale della Regione Adriatica e Ionica-GAIR) ed in particolare **la recente campagna di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio geotecnico condotta da Snam Rete Gas nell'ambito della progettazione del Metanodotto "Ravenna Terra-Ravenna Mare DN 300 (12") DN 650 (26") e opere connesse"**, che transita nello stesso corridoio territoriale nel quale è previsto il nuovo gasdotto "Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna" DN 900 (36"), DP 75 bar.



Complessivamente, durante tale campagna geognostica, nell'area sono state eseguite le seguenti indagini:

- 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 25 m con prove in situ e prelievo di campioni di terreno
- 12 prove penetrometriche statiche CPTU spinte fino alla profondità di 20 m o comunque fino a rifiuto
- 5 prove geofisiche MASW finalizzate alla misura della velocità delle onde S alle varie profondità e pertanto a definire la categoria di suolo in accordo con le NTC 2008.

Le indagini prossime al tracciato dell'opera "Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna" DN 900 (36"), DP 75 bar in progetto sono indicate in Fig.6.A ed elencate nella tabella sottostante:

Sondaggi Geognostici	Prove CPT	Indagini MASW	Geofisiche
Sg1	CPTu1	M1	
Sg2	CPTu2	M2	
Sg4	CPTu3	M3	
Sg5	CPTu4	M4	
Sg6	CPTu6	M5	
	CPTu7		
	CPTu9		
	CPTu12		

Tabella 6.A – Elenco delle indagini svolte nell'ambito della progettazione del Metanodotto "Ravenna Terra-Ravenna Mare DN 300 (12") DN 650 (26") e prossime al tracciato del Met. Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36"), DP 75 bar.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 53 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

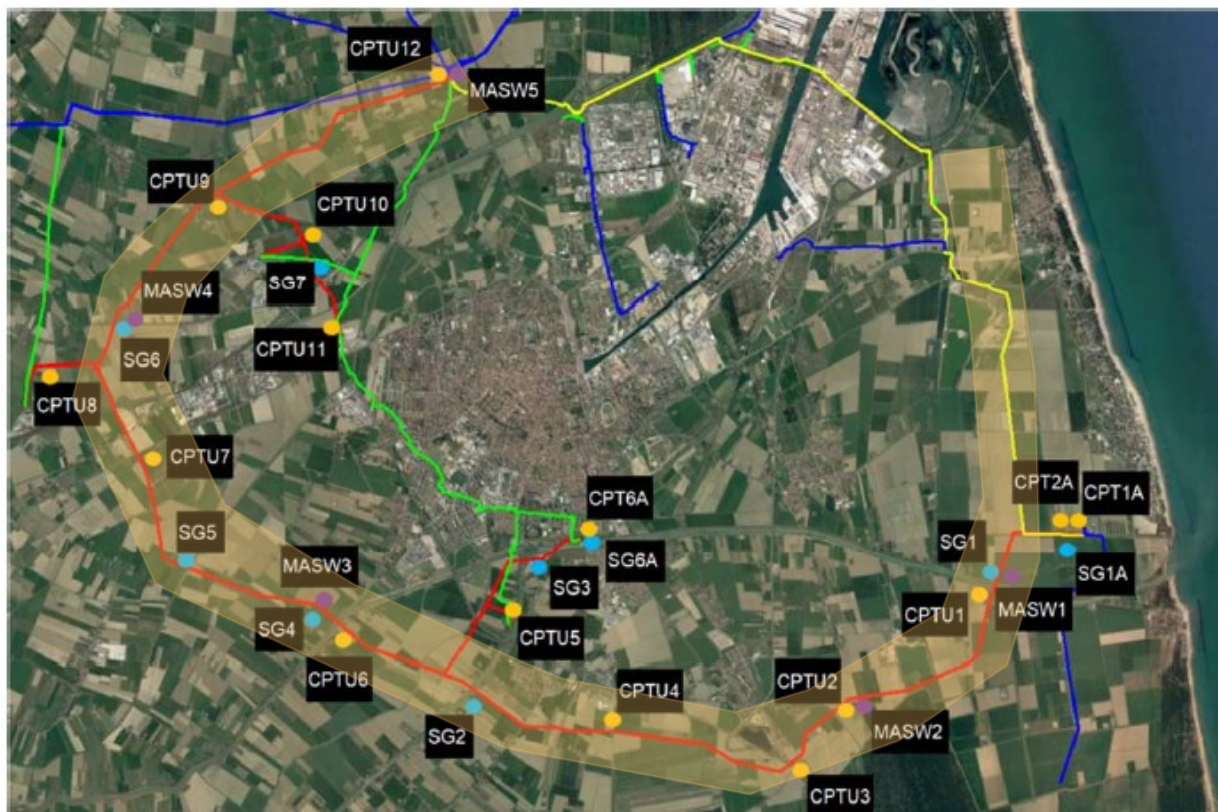




Figura 6.A – Localizzazione delle indagini svolte nell’ambito della progettazione del Metanodotto “Ravenna Terra-Ravenna Mare DN 300 (12”) DN 650 (26”) e opere connesse” (Azzurro: sondaggi; giallo: prove penetrometriche; viola: prove MASW) – nel retino in giallo l’area interessata dal Met. Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36”), DP 75 bar.

In relazione al tracciato, seppur con le difficoltà di definire precisi limiti, si possono distinguere due tratti interessati principalmente da depositi sabbiosi di duna: il primo all’incirca dalla zona di monte dell’attraversamento dei Fiumi Uniti fino all’attraversamento della S.S. 16 a Classe, l’altro invece nel tratto finale del tracciato dall’attraversamento del canale La Canala in poi.

Nel tratto occidentale del tracciato, dal F. Ronco all’attraversamento della linea ferroviaria Ravenna-Castel Bolognese, i terreni risultano prevalentemente fini, soprattutto argillosi. Più nel dettaglio la situazione stratigrafica emersa nei singoli sondaggi è come di seguito riportata.



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 54 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

Sondaggio 1	Profondità (m)
Limo sabbioso	0.00-2.00
Sabbia limosa	2.00-12.00
Limo con sabbia	12.00-25.00
Sondaggio 2	Profondità (m)
Limo sabbioso	0.00-4.30
Argilla limosa	4.30-10.20
Limo argilloso-sabbioso	10.20-17.00
Sabbia fine limosa	17.00-25.00
Sondaggio 4	Profondità (m)
Limo sabbioso	0.00-2.00
Sabbia limosa e limo sabbioso	2.00-4.80
Argilla limosa	4.80-11.00
Limo argilloso-sabbioso	11.00-15.50
Sabbia limosa	15.50-25
Sondaggio 5	Profondità (m)
Limo argilloso	0.00-2.00
Sabbia limosa	2.00-4.30
Limo argilloso-sabbioso	4.30-25.00
Sondaggio 6	Profondità (m)
Limo argilloso	0.00-2.30
Argilla	2.30-4.60
Argilla e torba	4.60-8.40
Argilla limosa	8.40-12.50
Sabbia limosa	12.50-18.00
Limo argilloso-sabbioso	18.00-25.00

Tabella 6.B – Stratigrafie dei sondaggi prossimi al tracciato del Met. Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36"), DP 75 bar.



La situazione stratigrafica stimata sulla base delle varie prove CPTU eseguite è come di seguito descritta per le varie verticali indagate.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 55 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

CPTU 1	Profondità (m)
Limo argilloso, limo sabbioso	0.00-2.80
Sabbia, sabbia limosa	2.80-11.90
Argilla limosa	11.90-20.00
CPTU 2	Profondità (m)
Alternanza di sabbia limosa predominante con limo sabbioso	0.00-20.00
CPTU 3	Profondità (m)
Argilla limosa	0.00-4.20
Sabbia limosa con subordinati livelli di limo sabbioso	4.20-20.00
CPTU 4	Profondità (m)
Sabbia limosa	0.00-1.80
Argilla limosa	1.80-4.50
Sabbia limosa con subordinati fini livelli di argilla	4.50-12.35
CPTU 6	Profondità (m)
Limo argilloso	0.00-2.70
Limo sabbioso e sabbia limosa	2.70-5.50
Argilla limosa	5.50-17.10
Sabbia limosa	17.10-20.00
CPTU 7	Profondità (m)
Limo argilloso	0.00-2.00
Argilla limosa	2.00-16.50
Sabbia limosa	16.50-18.00
Argilla limosa	18.00-20.00
CPTU 9	Profondità (m)
Limo argilloso	0.00-2.00
Argilla limosa	2.00-20.00
CPTU 12	Profondità (m)
Argilla limosa	0.00-3.60
Sabbia e sabbia limosa con livelli di limo sabbioso	3.60-18.20
Argilla	18.20-20.00

Tabella 6.C – Stratigrafie derivate dalle CPTu prossime al tracciato del Met. Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36"), DP 75 bar.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 56 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

I risultati delle indagini geofisiche hanno invece evidenziato

MASW	Coordinate punto centrale	Vs30 (m/s)	Cat. Suolo
M1	N44,392414 E12,287102	188	C
M2	N44,376167 E12,260592	198	C
M3	N44,387054 E12,161011	181	C
M4	N44,426841 E12,125340	182	C
M5	N44,460697 E12,183887	208	C

Tabella 6.D – Risultati principali delle indagini geofisiche prossime al tracciato del Met. Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36"), DP 75 bar.

Le prove MASW (Multichannel Spectral Analysis of Waves) hanno rilevato la velocità delle onde sismiche di taglio (Vs) nel sottosuolo e la conseguente valutazione del parametro Vs30 come prescritto dall' O.P.C.M. n° 3274 del 20 Marzo 2003 e dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", parametro necessario per la classificazione della categoria di sottosuolo. Le velocità riportate in tabella 1 sono relative allo spessore di 30 m al di sotto del piano di imposta dell'opera, cioè di posa della tubazione, assunto pari a 2 m.

L'eterogeneità verticale e laterale dei terreni presenti nonché il differente stato di addensamento/consistenza si riflette anche nella variabilità delle velocità delle onde di taglio che in linea generale però mostrano valori medi su di uno spessore di 30 m in un range abbastanza ristretto da 181 a 208 m/s, permettendo di classificare tutti i terreni nell'ambito della **classe di suolo C**, secondo la classificazione NTC 2008.



Dalle analisi granulometriche condotte sui campioni prelevati nei sondaggi geognostici è emersa la presenza di due gruppi principali:

- terreni granulari prevalentemente sabbiosi con percentuali di fini minore di 20%
- terreni coesivi con percentuale di sabbia minore di 8%

Campione	SG1	SG1	SG1	SG2	SG2	SG2	SG4	SG4	SG4	SG5	SG5	SG6	SG6
Profondità (m)	8.5	13.5	17.5	7.6	11.0	19.0	6.0	13.0	20.5	16	20	13.0	20.0
	9.0	14.0	18.0	8.1	11.5	19.5	6.5	13.5	21.0	16.5	20.5	13.5	20.5
Ghiaia %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabbia %	81	84	6	0	6	85	1	6	86	7	6	86	7
Limo %			77	62	79		57	75		77	77		89
Argilla %			17	38	15		42	19		17	17		4
Fini	19	16				15			14			14	

Tabella 6.E – Percentuali delle classi granulometriche per i vari campioni prelevati nei sondaggi geognostici

I livelli piezometrici sono stati misurati sia nei fori di sondaggio che nelle varie prove CPTU. È risultato che la tavola d'acqua è sempre molto superficiale con profondità dell'ordine di 1-2 m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 57 di 60	Rev. 1



Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

In particolare si sono registrati alla data dell'esecuzione (autunno 2017) i seguenti valori:

PROVA	Profondità sup. piezometrica (m)	PROVA	Profondità sup. piezometrica (m)
SG1	2.60	CPTU 1	2.00
SG2	2.00	CPTU 2	2.00
SG4	1.80	CPTU 3	2.60
SG5	1.50	CPTU 4	2.50
SG6	1.10	CPTU 6	2.30
		CPTU 7	3.10
		CPTU 9	2.70
		CPTU 12	2.80

Tabella 6. – Profondità del livello piezometrico misurato nei fori di sondaggio e nelle prove penetrometriche alla data della loro esecuzione.

Nella successiva fase di progettazione è prevista una campagna integrativa nella prima parte del tracciato per approfondire le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni interessati dal passaggio della condotta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 58 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

7

CONCLUSIONI

Dall'analisi tramite sopralluoghi in campo, dalla consultazione della cartografia di base e dall'analisi bibliografica condotta anche consultando i risultati delle campagne geognostiche pregresse su opere simili, sono stati delineati gli elementi morfologici, geologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e sismici generali dell'area interessata dal progetto.

Il territorio di studio ricade in un contesto geologico e geomorfologico piuttosto omogeneo e stabile.


Da un punto di vista **litologico**, nell'area di interesse affiorano sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale appartenenti all'Unità di Modena Aes8a solo in una zona limitata affiorano argille, limi e alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale appartenenti al Subsintema di Ravenna Aes8. Le indagini geofisiche acquisiti da campagne geognostiche pregresse hanno permesso di classificare tutti i terreni nell'ambito della **classe di suolo C**,

Dal punto di vista **morfologico**, il territorio è costituito da una pianura alluvionale intensamente antropizzata, con alvei fluviali pensili ed argini rialzati, rinforzati dall'uomo nel corso dei secoli scorsi al fine di consentire il deflusso incanalato e proteggere le aree abitate e coltivate dalle frequenti esondazioni dovute alle improvvise piene dei fiumi, che trovano facile e rapida espansione nelle zone tra un corso d'acqua e l'altro, talora particolarmente depresse. Gli argini fluviali ed i rilevati stradali sono gli unici rilievi riscontrati nell'area di pianura, mentre nella zona costiera si hanno in alcune ristrette fasce modesti rilievi determinati dalla presenza di cordoni litorali dunosi.

Per quanto riguarda gli attraversamenti fluviali si evidenzia che i corsi d'acqua verranno attraversati a cielo aperto prevedendo un accurato e ponderato approfondimento della posa della condotta e opere di ripristino spondale in massi, mentre, nel caso di Fiumi Uniti, Scolo Chiavichetta, Fiume Ronco, Fiume Montone, Scolo Via Cupa, Scolo Canala, verranno realizzati mediante tecnologia trenchless.

Dal punto di vista **idrogeologico**, i terreni affioranti direttamente connessi al passaggio della condotta in progetto, sono ascrivibili al Gruppo Acquifero A, ossia una falda freatica superficiale alimentata dall'infiltrazione diretta, dalle perdite di subalveo del reticolo idrografico e dall'irrigazione, regimata dalla rete di canali e scoli consorziali e soggetta ad emungimenti da parte dei pozzi presenti in zona, per scopi prevalentemente domestici. La falda superficiale presenta mediamente una potenza variabile tra i 15 e 20 m e la quota dal piano campagna risulta compresa tra 1 e 2 m di profondità con oscillazioni stagionali inferiori al metro.

Dal punto di vista **sismico**, il tracciato di progetto intercetta alcune faglie riportate nel catalogo ITHACA (catalogo delle faglie capaci ISPRA - dipartimento per il servizio geologico d'italia) come "a bassa attendibilità", con ultimi indizi di movimento nel Pleistocene inferiore. Considerando che il substrato roccioso eventualmente dislocabile da tali strutture si trova a profondità di svariate centinaia

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 59 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070



di metri ricoperto da sedimenti sciolti, si ritiene di fatto trascurabile o basso il rischio che si risenta in superficie di spostamenti strutturali.

Per quanto riguarda la **pericolosità sismica** relativa al comune di Ravenna, si evince che i valori di accelerazione massima del suolo, riscontrata con valori di PGA, sono compresi tra 0.150 e 0.175.

Per analizzare più dettagliatamente la Pericolosità Sismica Locale è stata consultata la "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)" redatta dal Comune di Ravenna e allegata al Piano Urbanistico Generale (P.U.G.), dalla quale si evince che la totalità del tracciato, ad eccezione di quelle aree non trattate dalla microzonazione sismica, ricade all'interno di "Zone di Attenzione per liquefazione (ZALQ)". Tuttavia, dallo studio sulla verifica alla liquefazione fornita dal Committente è emerso che soltanto in due areali (attraversamento Fiume Uniti ed attraversamento Canale Scolo Chiavetta), tra quelli investigati, relativi al tracciato in progetto, sono risultati suscettibili al fenomeno della liquefazione e per un elevatissimo tempo di ritorno (949 anni) con risentimenti superficiali.

Tuttavia, sono in fase di esecuzione una serie di indagini geognostiche che riguardano sia l'areale già investigato e sia il tratto di metanodotto compreso tra l'approdo e l'attraversamento dei Fiumi Uniti, il quale non è stato interessato da tale studio, necessari per implementare le verifiche alla liquefazione e, in base ai risultati di tali verifiche, saranno prese in considerazione tutte le eventuali opere necessarie a mitigare il fenomeno della potenziale liquefazione.

In base alle considerazioni emerse, **ad oggi**, dal rilevamento geologico, si può affermare che l'opera in progetto risulta ampiamente compatibile con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del territorio attraversato, nonché con i relativi strumenti di pianificazione vigenti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-CGB-E-35070	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pagina 60 di 60	Rev. 1

Rif. TFM: 011-PJM22-001-20-RT-E-5070

8 BIBLIOGRAFIA

- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 (2005) – Foglio 240-241 Forlì-Cervia. APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia Romagna
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 (1999) – Foglio 223 Ravenna. APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia Romagna
- Meletti & Valensise (2004). Zonazione sismogenetica ZS9. In: Gruppo di Lavoro, Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003, Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, App. 2, 38 pp.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 (1999) – Foglio 223 Ravenna. APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia Romagna. A cura di A. Amorosi.
- Pieri M. & Groppi G. (1981). Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy. Prog. Finalizzato Geodinamica CNR, Publ. 414.
- 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.
- Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998). Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. A cura di G.M. Di Dio, Regione Emilia-Romagna – ENI divisione Agip. S.EL.CA., Firenze, 120 pp.
- Ricci Lucchi et al. (1982). Evoluzione sedimentaria e paleografica del margine appenninico. In: Cremonini G. & Ricci Lucchi F. (a cura di), Guida alla geologia del margine appenninico-padano. Guide geol. Reg. S.G.I., 17-46, Bologna.
- Snam Rete Gas-Comis (2018). Studio di Impatto Ambientale e relativi annessi e allegati del Metanodotto Rif. Ravenna Mare – Ravenna Terra DN 300-DN 650 DP 75 bar e Opere Connesse