

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 1 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17 MAGGIO 2022, N. 50)
FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale dei Gasdotti

ALLACCIAMENTO FSRU DI RAVENNA (Tratto a mare) DN 650 (26") DP 100 bar

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO AREA VASTA

00	Emissione per Permessi	R. Borella	M.Calarco	C.Mordini	06/07/2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

INDICE

1 INTRODUZIONE.....	3
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE	5
3 INQUADRAMENTO SISMICO	8
4 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO.....	15
5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO	16
REFERENZE	19

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

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 l'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) da ormeggiarsi in corrispondenza della piattaforma offshore esistente di Petra (Gruppo PIR) posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina (c.d. Progetto FSRU Ravenna) e delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente.

Il progetto di Snam FSRU Italia ricomprende le opere necessarie alla connessione con la Rete Nazionale Gasdotti e che saranno realizzate dalla Società Snam Rete Gas. Tali opere sono considerate, ai fini della presente istanza, opere connesse e funzionali all'esercizio della FSRU.

L'FSRU sarà in grado di stoccare fino a 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL), rigassificarlo e trasferirlo in una nuova condotta che lo convoglierà nel punto di connessione alla Rete Gasdotti posto a circa 42 km dal punto di ormeggio presso la piattaforma esistente offshore Petra.

L'FSRU sarà rifornita ad intervalli regolari (5/7 giorni) da metaniere di taglia variabile e sarà anche in grado di rifornire a sua volta metaniere di piccola/media taglia (metaniere Small Scale LNG).

L'FSRU assicurerà un flusso annuo di almeno 5 miliardi di standard metri cubi di gas naturale equivalente a circa un sesto della quantità di gas naturale oggi importata dalla Russia.

La qualità del gas liquido gestito dalla FSRU dipenderà dalle fonti di approvvigionamento internazionali, pertanto il gas vaporizzato andrà analizzato ed eventualmente corretto per portarlo alle condizioni di trasporto richieste dalla Rete Nazionale. Le apparecchiature ed i sistemi dedicati a tale gestione (correzione indice di Wobbe) sono stati previsti in un impianto dedicato posto in prossimità dell'impianto di filtraggio e misura fiscale (PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar) ubicato in località Punta Marina (Ravenna).

L'ormeggio della FSRU presso la piattaforma Petra prevede l'adeguamento della struttura esistente per tener conto che l'ormeggio della FSRU presso la piattaforma sarà permanente, che i mezzi navali coinvolti hanno degli ingombri maggiori e che quindi occorreranno maggiori spazi per accomodare le nuove parti impiantistiche. In particolare, sono state valutate e presentate due diverse alternative di ormeggio come segue:

- ✓ ALTERNATIVA A, che prevede l'ampliamento della piattaforma Petra con una serie di briccole di ormeggio verso ovest e la protezione della piattaforma con una barriera frangi flutti verso est da realizzarsi con cassoni autoaffondanti;
- ✓ ALTERNATIVA B, che prevede l'inglobamento della piattaforma esistente all'interno di una struttura "ad isola" da realizzarsi con un doppio palancolato metallico rinforzato da

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

tiranti orizzontali, che consentirà sia l'ormeggio lato ovest della FSRU sia la protezione della stessa dal moto ondoso prevalente.

La piattaforma Petra è attualmente collegata al deposito oli costiero con due condotte DN 550(22") che non sono interessate dall'intervento progettuale in quanto non compatibili con le condizioni di trasporto del gas naturale in uscita dalla FSRU.

L'entrata in esercizio del Progetto FSRU Ravenna è previsto non oltre **settembre 2024** con l'obiettivo di anticiparla a luglio 2024.

Il Progetto FSRU Ravenna include le seguenti opere:

Terminale FSRU Ravenna.

Costituito da:

- ✓ n.1 FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità nominale di stoccaggio pari a circa 170.000 m³, una capacità massima di rigassificazione di circa 880.000 Sm³/h e dimensioni pari a circa 292,5 m (lunghezza) 43,5 m (larghezza);
- ✓ gli impianti e le attrezzature da realizzarsi sulla piattaforma offshore Petra, opportunamente adeguata, che sono:
 - il sistema di scarico del gas vaporizzato dalla FSRU costituito tramite bracci di carico ad alta pressione (100 barg),
 - la sostituzione e l'adeguamento del sistema di ormeggio della piattaforma,
 - la parte impiantistica relativa al trasferimento del gas naturale con il piping, le valvole di intercetto e la trappola di lancio/ricevimento pig,
 - gli impianti di alimentazione elettrica e controllo del Terminale,
 - gli impianti di sistema antincendio,
 - il punto di collegamento tra il sistema di scarico del gas dalla FSRU posto convenzionalmente in corrispondenza del giunto isolante a monte della prima valvola di isolamento DN 650 (26") della condotta gas prima che entri in mare;
- ✓ l'impianto di correzione dell'indice di Wobbe posto in un'area adiacente all'impianto di filtraggio e misura fiscale (PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar) ubicato in località Punta Marina (Ravenna)

Opere Connesse

Costituite da:

- ✓ la condotta di collegamento tra il Terminale FSRU e la Rete Nazionale Gasdotti, che include quanto segue:
 - tratto di metanodotto a mare (sealine), e relativo cavo telecomandato, denominato Met. Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a mare) DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 8,5 km,
 - tratto di metanodotto a terra di collegamento tra l'approdo costiero e l'impianto PDE FSRU di Ravenna denominato Met. Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a terra) DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 1,9 km,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

- impianto PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar, la predisposizione per il preriscaldamento e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra);
- ✓ la condotta "Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna" DN 900 (36") DP 75 di lunghezza pari a circa 32 km, che prevede:
 - N.6 Punti di Intercettazione Linea (PIL) ubicati lungo il tracciato per intercettare e sezionare il gasdotto in base alla cadenza prescritta dal D.M. 17/04/2008,
 - N.1 Area Trappola in adiacenza al Nodo di Ravenna (Impianto n. 693) con installazione della stazione di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato terra sul Metanodotto Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36") DP 75 bar).

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

L'area di studio si colloca direttamente a mare nella zona antistante Marina di Ravenna, nella porzione nord della costa adriatica dell'Emilia Romagna; la zona si trova nell'avampese delle catene Appennini e Dinaridi, originate dalla collisione delle placche Europea e Africana. Le strutture geologiche presenti nel Mare Adriatico e, più generalmente, nel Mediterraneo, sono essenzialmente il risultato di due processi:

- ✓ Lo spiazzamento tettonico causato dalla subduzione della Placca Africana al di sotto di quella Europea;
- ✓ La progressiva chiusura del Mar Mediterraneo che coinvolge una serie di soglie insulari e sottomarine.

Le aree relativamente indeformate dell'avampese di questo sistema, corrispondono all'Istria e ai domini carbonatici Apuli. La parte occidentale dell'Adriatico settentrionale e centrale, è un bacino di avanfossa (Plio-Quaternario) che rappresenta il più recente di una serie di bacini dello stesso tipo, formati durante l'orogenesi Appenninica e migrati ad est (Figura 1). L'avanfossa Adriatica Plio-Quaternaria ha una forma arcuate con due distinti depocentri separati da un alto strutturale nella zona di Ancona.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

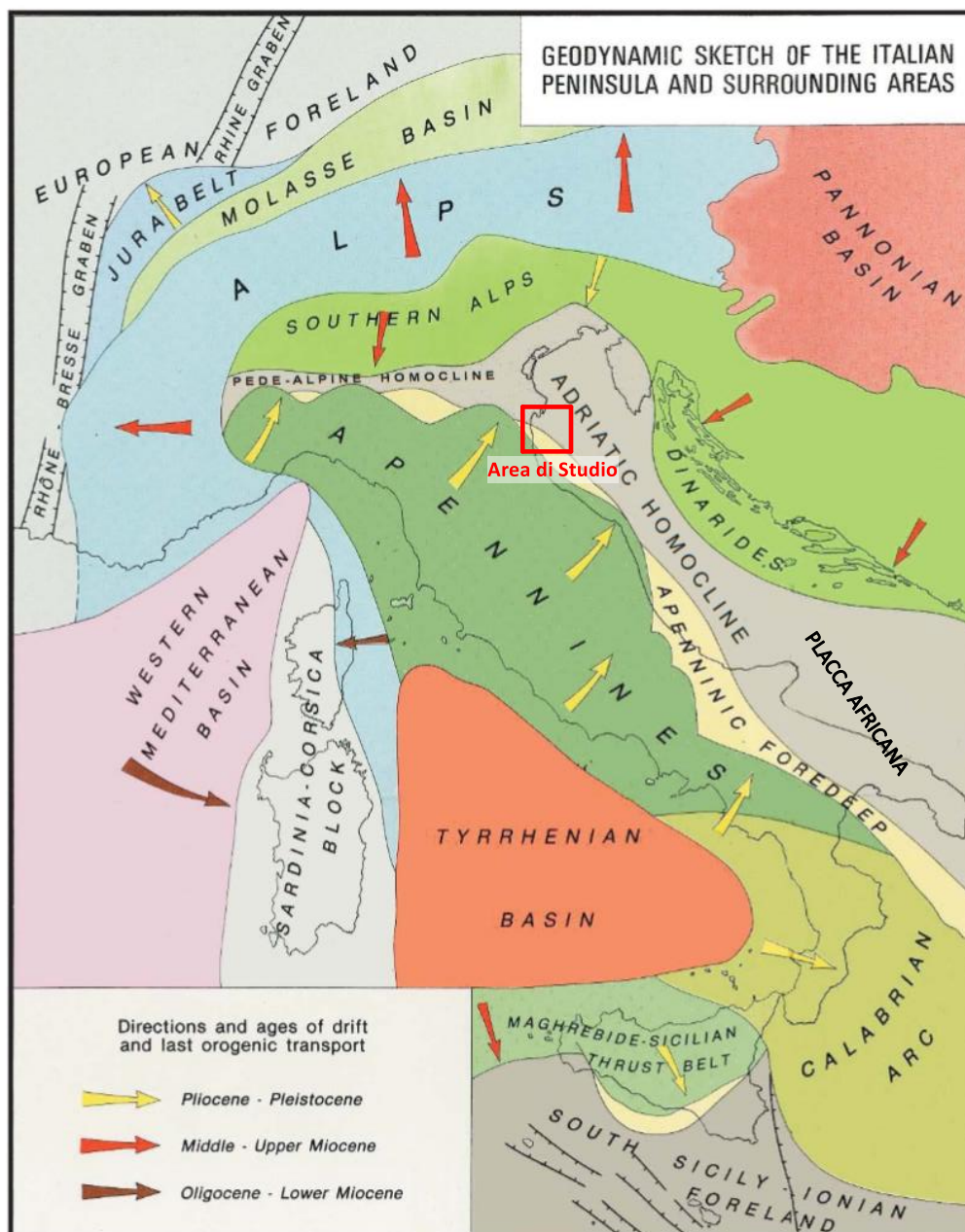


Figura 1: Assetto Geodinamico della Penisola Italiana

Durante il Pliocene fino al Pleistocene, l'Adriatico Centrale manifesta alti tassi di subduzione dovuti alla rotazione verso est della sutura appenninica, mentre la regione Apula subisce sollevamenti dalla metà del Pleistocene [1] e [2]. Il lineamento O-E delle Tremiti è stato interpretato come una zona di trasferimento tettonico principalmente destro tra i due settori della litosfera adriatica in subduzione, un'area caratterizzata da differenti tassi di raccorciamento flessurale. La formazione di questa zona di trasferimento, occorsa principalmente durante il Pleistocene, è stata attribuita alla segmentazione della spessa

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

litosfera continentale apula nella zona di subduzione [1] e [2] che ha impedito la retrovergenza della placca che subduce nella regione Apula.

La catena Appenninica consiste in un cuneo collisionale arcuato, sviluppatosi durante il Neogene come conseguenza di una costante migrazione verso est del fronte di compressione e dell'estensione di retroarco. Una delle spiegazioni più plausibili per la migrazione dei fronti di accavallamento è il ritiro verso est nel tempo dello slab litosferico. Questo processo spiega inoltre la flessura dell'avampaese (e il conseguente spostamento dei bacini di avanfossa verso E) così come i processi di estensione lungo i bacini di retroarco interni del Tirreno [3].

Il prisma di accrezione degli Appennini nel dominio Padano-Adriatico è formato da depositi clastici, evaporiti, e sequenze sedimentarie carbonatiche di mare da basso a profondo. Nella porzione esterna degli Appennini, l'interazione tra la piega fessurale della placca Adriatica in subduzione e la propagazione verso l'avampaese delle deformazioni compressive produce una zona di sedimentazione attiva al di sopra del prisma di accrezione deformato. Questo "prisma deposizionale alto" si può osservare comunemente negli orogeni collegati a subduzioni rivolte verso ovest, dove si verificano tassi di subsidenza più rapidi [1].

La posizione nel sottosuolo del prisma di accrezione del fronte settentrionale dell'Appennino al di sotto della pianura del Po è eccezionalmente ben definito da dati sismici e di pozzo [4], e identifica una geometria ad incastro che consiste di tre sistemi di fronti di sovrascorrimento. Questi tre archi sepolti, da ovest verso est, sono: 1) il Monferrato, 2) l'Emilia, e 3) l'arco di Ferrara-Romagna. Questi archi sono delimitati esternamente da sovrascorrimenti che li separano dalla monoclinale Prealpina (Figura 1).

Muovendosi verso sudest, il prolungamento del fronte di accavallamento appenninico nel Mar Adriatico centrale è meno evidente. L'interpretazione dei profili sismici, integrata con l'analisi dei dati geofisici e geologici disponibili, forniscono un contributo importante al tracciamento del prolungamento verso sudest del fronte appenninico nel dominio Adriatico. Tradizionalmente, il fronte esterno del prisma di accrezione appenninico si trova nel settore nordorientale della "Dorsale Medio Adriatica" (Figura 2), pochi chilometri al largo tra le città di Ancona e Pescara. La Dorsale Medio Adriatica è altresì conosciuta come "Cintura di Deformazione Centro Adriatica", è formata da alti strutturali distribuiti lungo un trend dominante NO-SE a ONO-ESE. La Dorsale Adriatica, ben definite dalle isobate della base dei depositi del Plio-Pleistocene [4], si estende verso sudest dalla città di Ancona per almeno 150km nell'Adriatico centrale, mantenendosi parallelo alla costa marchigiana.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

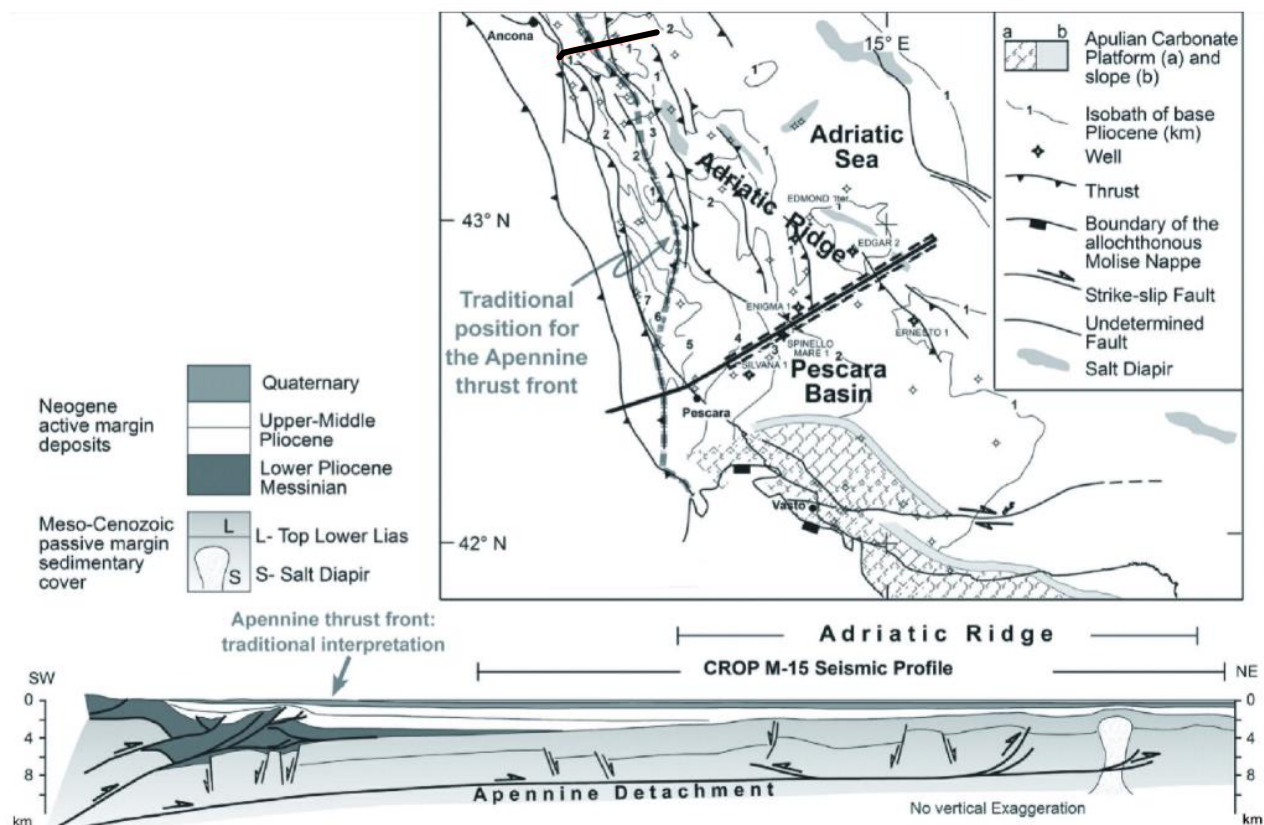


Figura 2: Carta Strutturale dell'Adriatico Centrale e sezione lungo la "Dorsale Adriatica" [4]

La maggioranza degli alti strutturali che formano la Dorsale Adriatica è stata interpretata come riattivazione di strutture d'inversione preesistenti. Raccorciamento attivo associato con il fronte appenninico nella pianura del Po e nell'Adriatico centrale (a nord del lineamento delle Tremiti) è documentato da dati GPS e dalla sismicità strumentale. Va inoltre notato che diapirismo salino è stato individuato nell'Adriatico centrale [1], [2], e [3].

Alcune delle pieghe della Dorsale Adriatica, si sono sviluppate su alti strutturali (horst) preesistenti Mesozoici. Le pieghe mostrano evidenze di inversione tettonica lungo faglie Mesozoiche estensionali preesistenti sviluppatesi alla fine del Cretacico Inferiore e nel Terziario. L'origine delle strutture Cretaciche è stata collegata alla messa in posto della convergenza tra Europa e Africa mentre le inversioni tettoniche Terziarie sono state attribuite a effetti di campo della compressione dinarica e appenninica, oppure a diapirismo. L'attività Quaternaria e recente delle strutture compressive lungo la Dorsale Adriatica fornisce un'indicazione dell'attività tettonica più recente del fronte di accavallamento appenninico nel dominio Adriatico.

3 INQUADRAMENTO SISMICO

L'Emilia-Romagna è una regione soggetta ad una sismicità piuttosto frequente e di media intensità. Sebbene la pericolosità sismica non sia particolarmente elevata, l'alta

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

concentrazione di centri abitati, beni artistici e culturali rendono l'Emilia-Romagna una regione a moderato rischio sismico.

In generale, lungo la catena Appenninica la sismicità si distribuisce in modo omogeneo in zone sismogenetiche (allungate preferenzialmente NO-SE). L'attività sismica diminuisce dagli Appennini andando verso la costa Adriatica. Il sito, localizzato sul Mar Adriatico, si colloca proprio ai margini della subduzione Appenninica, che pertanto influenza la sismicità dell'intera area.

La sismicità dell'area in corrispondenza del sito viene qui presentata per mezzo di potenziali modelli di sorgenti sismogenetiche (Figura 3) e della distribuzione dei terremoti storici nell'area circostante (Figura 4). I modelli di sorgenti sismogenetiche mostrati in Figura 3 includono:

- ✓ DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [5];
- ✓ Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE) model [6];
- ✓ ZS9 - Zonazione sismogenetica per l'Italia di INGV [7];
- ✓ Santulin et al. [8];
- ✓ ESHM20 [9].

Come mostrano i modelli presentati in Figura 3, l'area di studio ricade all'interno, o parzialmente, di varie sorgenti sismogenetiche individuate.

Considerando il modello DISS [5], il percorso proposto ricade solo in minima parte nella sorgente composita ITCS012 (denominata Malalbergo-Ravenna). Tale sorgente, è caratterizzata da strutture fragili, aventi una vergenza prevalentemente N-E e soggette ad un campo di stress tettonico compressivo con movimenti inversi o inverso - trascorrenti, associati ad una attività sismica relativamente frequente.

Secondo il modello ZS9 [7], il sito fa parte della sorgente 912, che, assieme alla 917, rappresenta la porzione esterna della fascia di compressione dell'arco appenninico settentrionale.

Nel modello di Santulin et al. [8], l'area di studio ricade nella sorgente 537 (Adriatic Folds).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

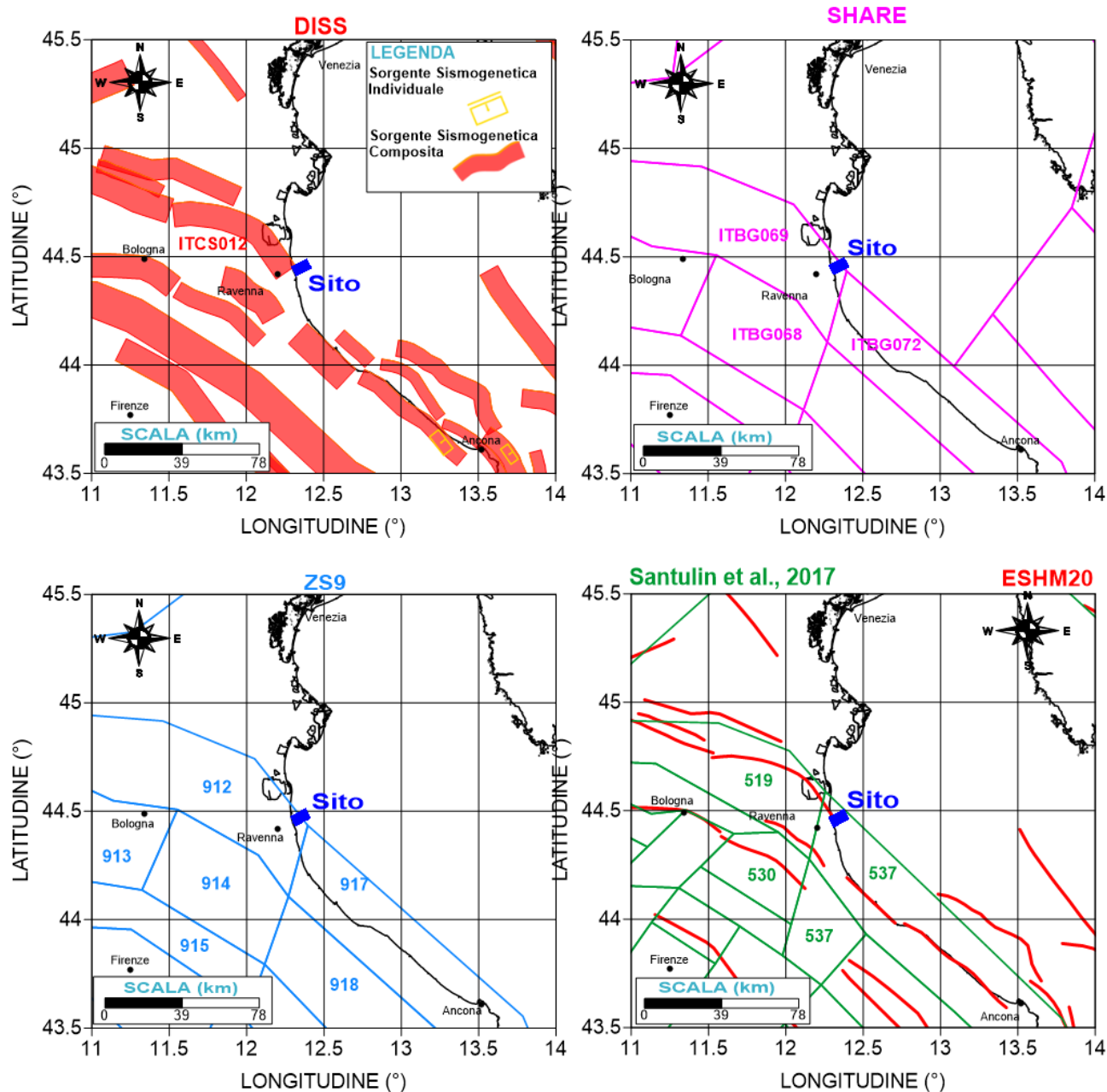


Figura 3: Modelli sismotettonici esistenti

La Figura 4 presenta la distribuzione e la magnitudo dei terremoti in base al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (versione 4.0 del 2022), considerato il catalogo più aggiornato per il territorio italiano, redatto e rivisto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) per eliminare gli eventi fittizi e multipli [10]). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo momento (M_w) ≥ 4 relativi al territorio italiano, nella finestra temporale 1000-2020. La Figura

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

4 mostra come nelle immediate vicinanze (in un raggio di circa 15 km) dell'area di studio si siano verificati alcuni eventi rilevanti ($M_w > 4$), ad esempio l'evento del 6 Giugno 2012 (M_w 4.2) è situato a 2,5 km a sud del sito. Inoltre, ad una distanza di circa 45 km a sudovest rispetto al sito, si è verificato un evento di forte intensità in epoca storica (4 Aprile 1781) nei dintorni di Brisighella con M_w 6.1.

In tempi più recenti, ad una distanza di 100 km a nordovest dal sito, è avvenuto il terremoto del 20 Maggio 2012, presso Finale nell'Emilia, con magnitudo M_w 6.1, facente parte di una sequenza di forti scosse durata 9 giorni.

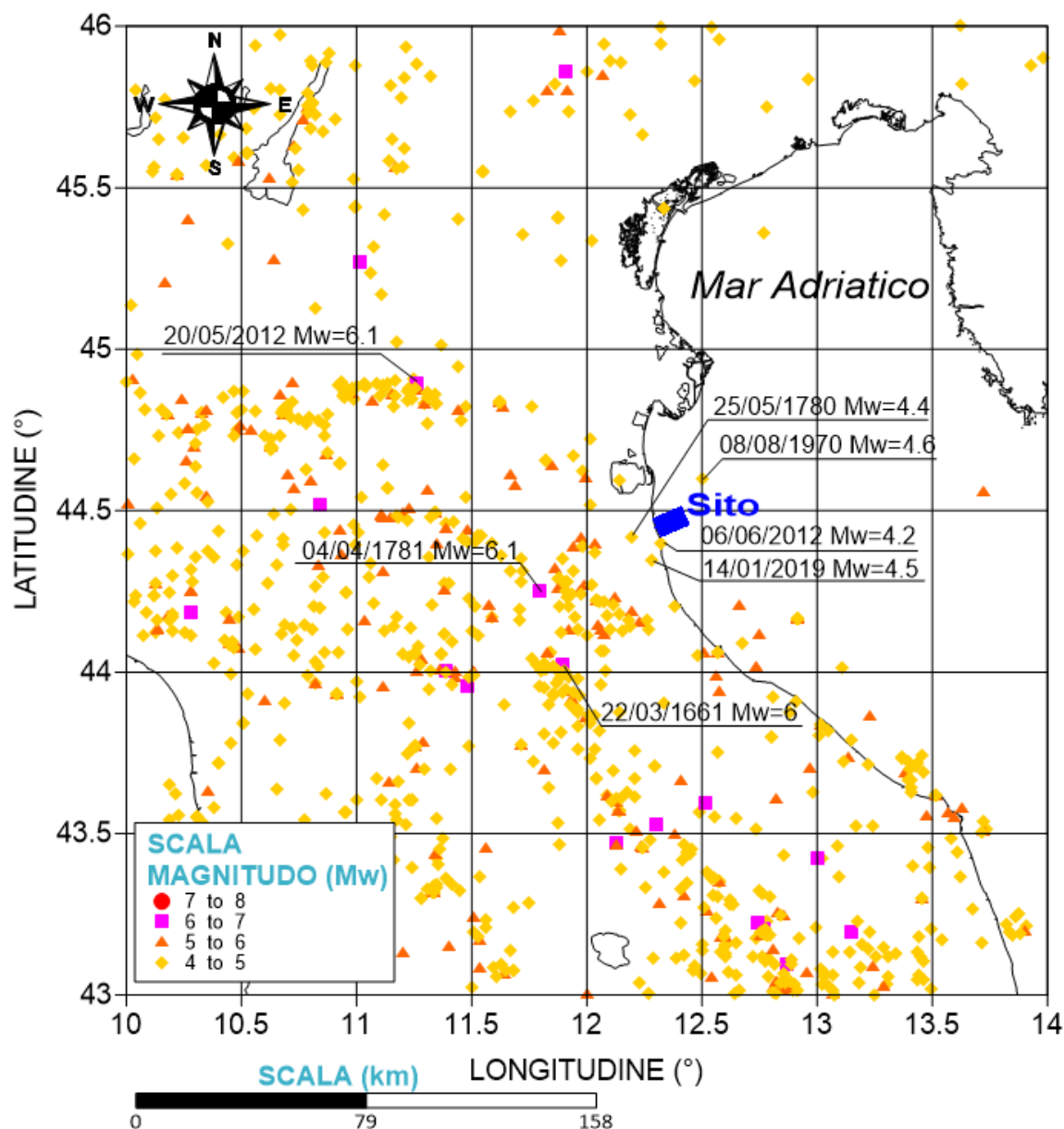


Figura 4: Catalogo dei terremoti italiani CPT15 dall'anno 1000 al 2020 [10]

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

Il progetto GEM (Global Earthquake Model) [11] ha realizzato una mappa di PGA (Peak Ground Acceleration) con valori di accelerazione massima al suolo per un periodo di ritorno di 475 anni che per il sito proposto variano da 0,20 g a 0,35 g (Figura 5).

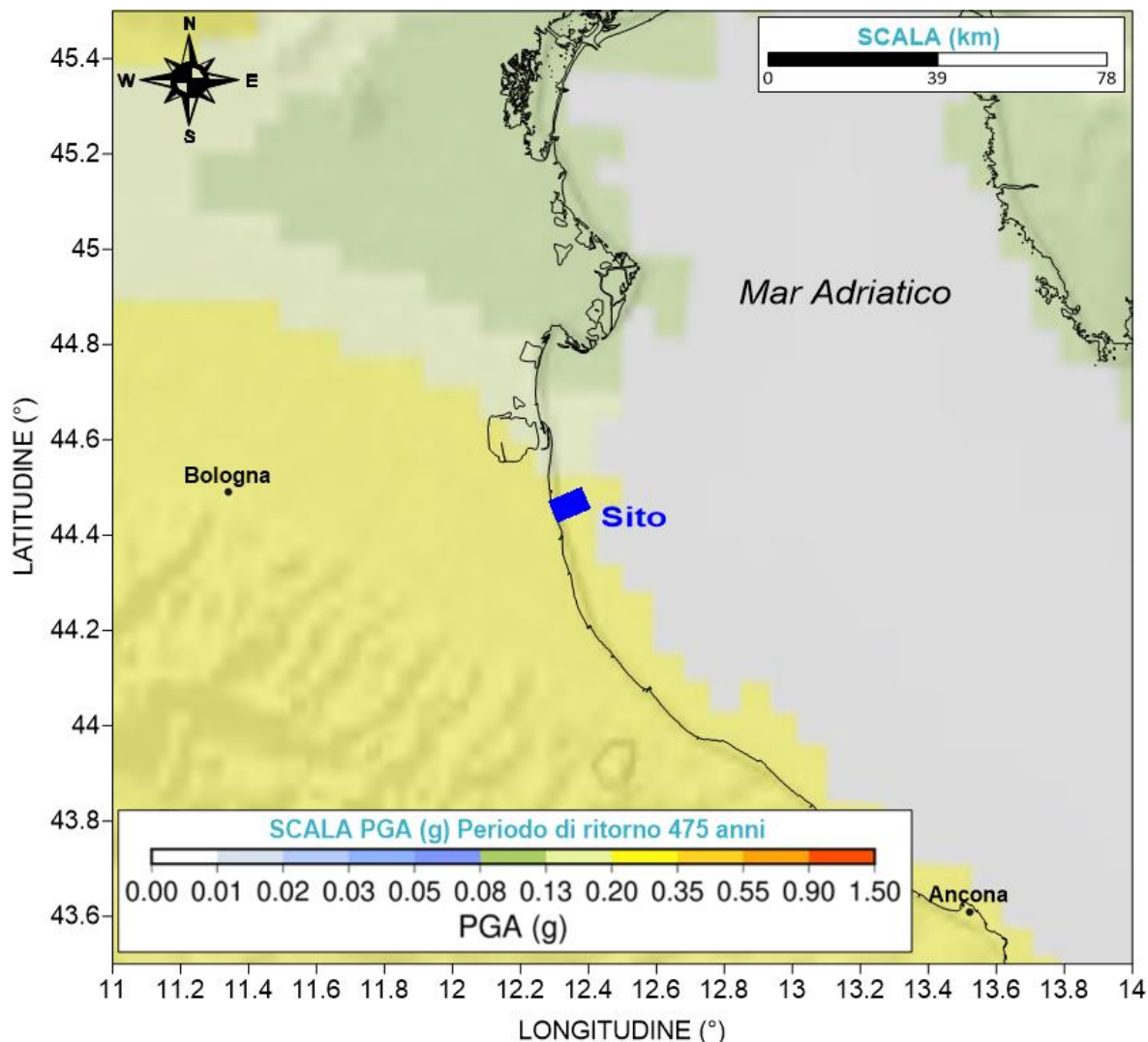


Figura 5: Valori di PGA di GEM per un periodo di ritorno di 475 anni [10]

In conformità all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3274 del 2003, con la quale si stabiliscono i nuovi criteri per la classificazione sismica del territorio italiano (livello di pericolosità), l'area in prossimità di Ravenna è classificata (nella zona a terra) come zona 3 (avente accelerazione massima su suolo rigido (>800 ms) a_g compresa tra 0,05 g e 0,15 g per periodo di ritorno di 475 anni), nella quale la pericolosità sismica risulta bassa, ma può essere soggetta a scuotimenti modesti (Figura 6).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

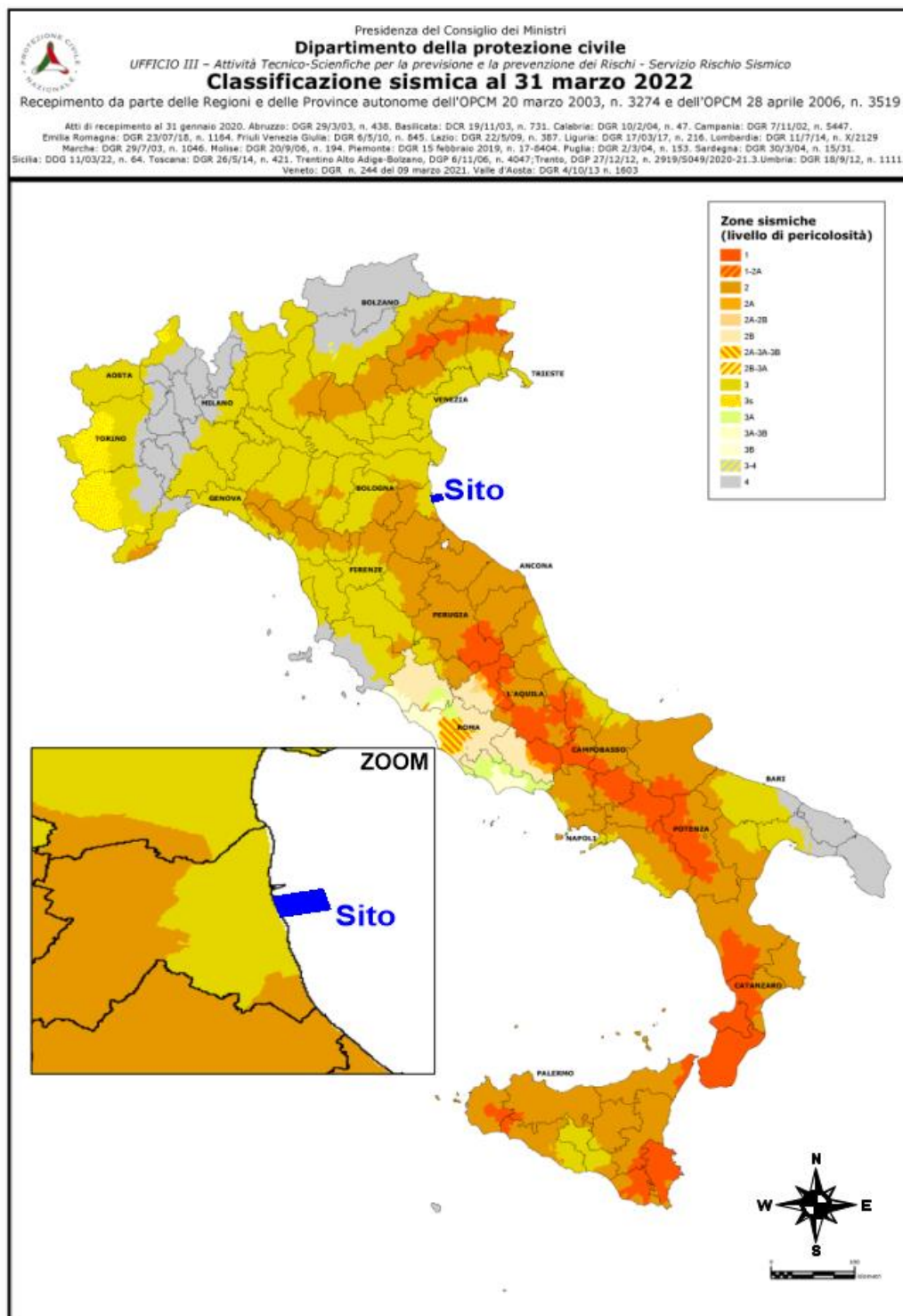


Figura 6: Classificazione sismica del territorio italiano [12]

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

In seno all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri No. 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, viene individuata la pericolosità sismica di riferimento per tutto il territorio nazionale. La mappa [13], presentata in Figura 7, mostra come l'area di studio a mare ricada in due zone, che combinate hanno un range di accelerazione massima (a_g) al suolo compresa tra 0,100 e 0,150 (per un periodo di ritorno di 475 anni).

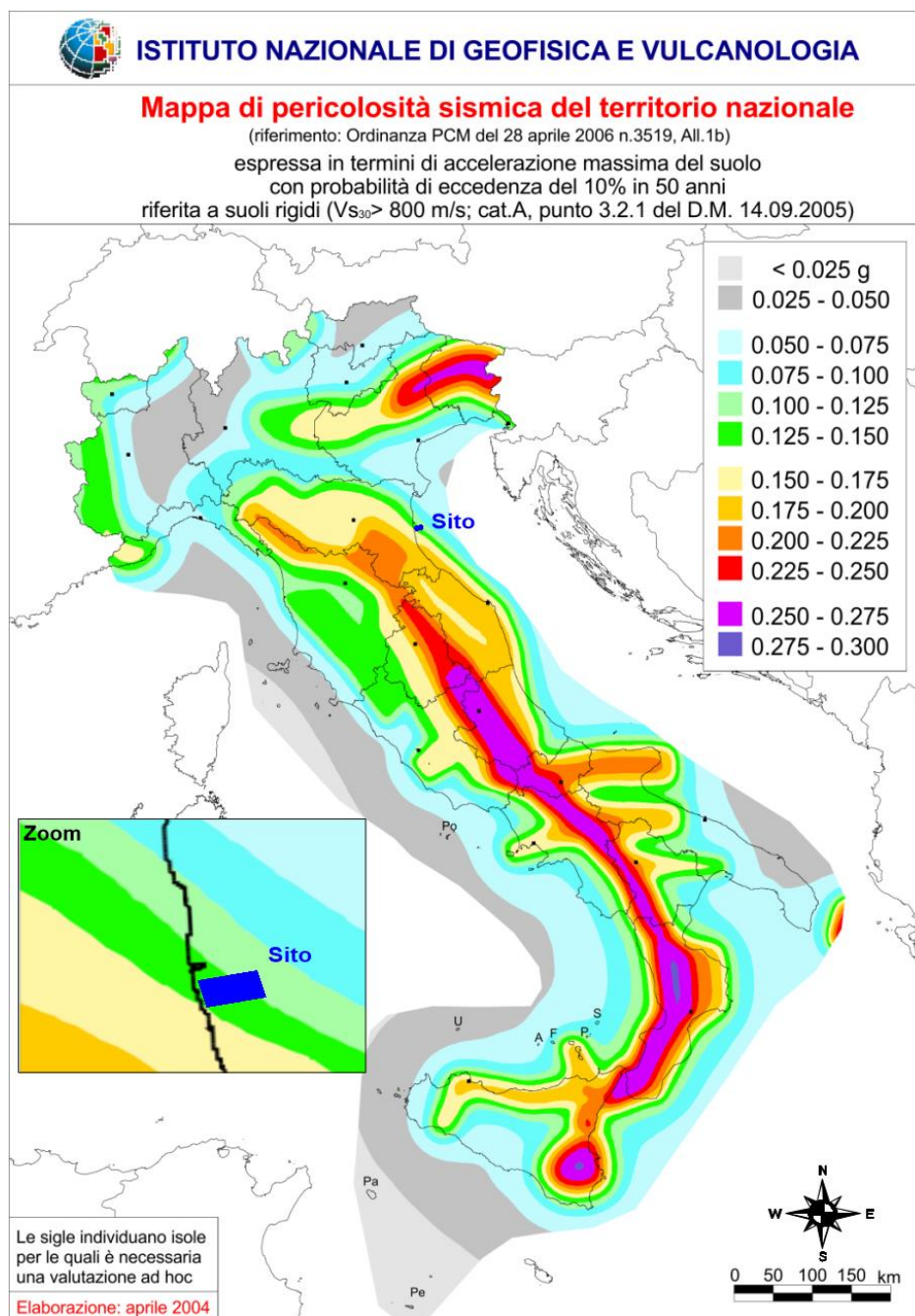


Figura 7: Pericolosità sismica nella zona di interesse per periodo di ritorno di 475 anni [13]

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

4 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

L'area di studio si colloca lungo la costa Adriatica romagnola, appena a Sud di Marina di Ravenna. La costa in questo punto si presenta assolutamente pianeggiante, gli unici rilievi costituiti da depositi di dune eoliche e ondulazioni del terreno dovute a terrazzi alluvionali.

Sono frequenti le aree vadose, lagune salmastre, e altre aree umide, dovute allo scarso gradiente che influenza la corrivazione superficiale.

I molti canali generati dal flusso anastomosato dei fiumi, insieme a quelli di natura antropica, formano una fitta rete che innerva tutta la porzione della piana nell'area di studio.

Nel tratto a mare, un basso gradiente caratteristico della costa occidentale nord-adriatica causa un lento progradare della costa, con pendenze spesso inferiori al grado.

Locali alterazioni del gradiente sono dovute all'azione antropica, come lo scavo di canali di dragaggio per favorire l'approccio del naviglio ai porti, o in prossimità della costa per opere di conservazione e ripascimento delle spiagge e degli arenili.

Numerose piattaforme per l'estrazione di idrocarburi, inoltre, punteggiano il tratto a mare antistante la zona di studio; al loro intorno, la morfologia del fondale può prevedere delle variazioni locali.

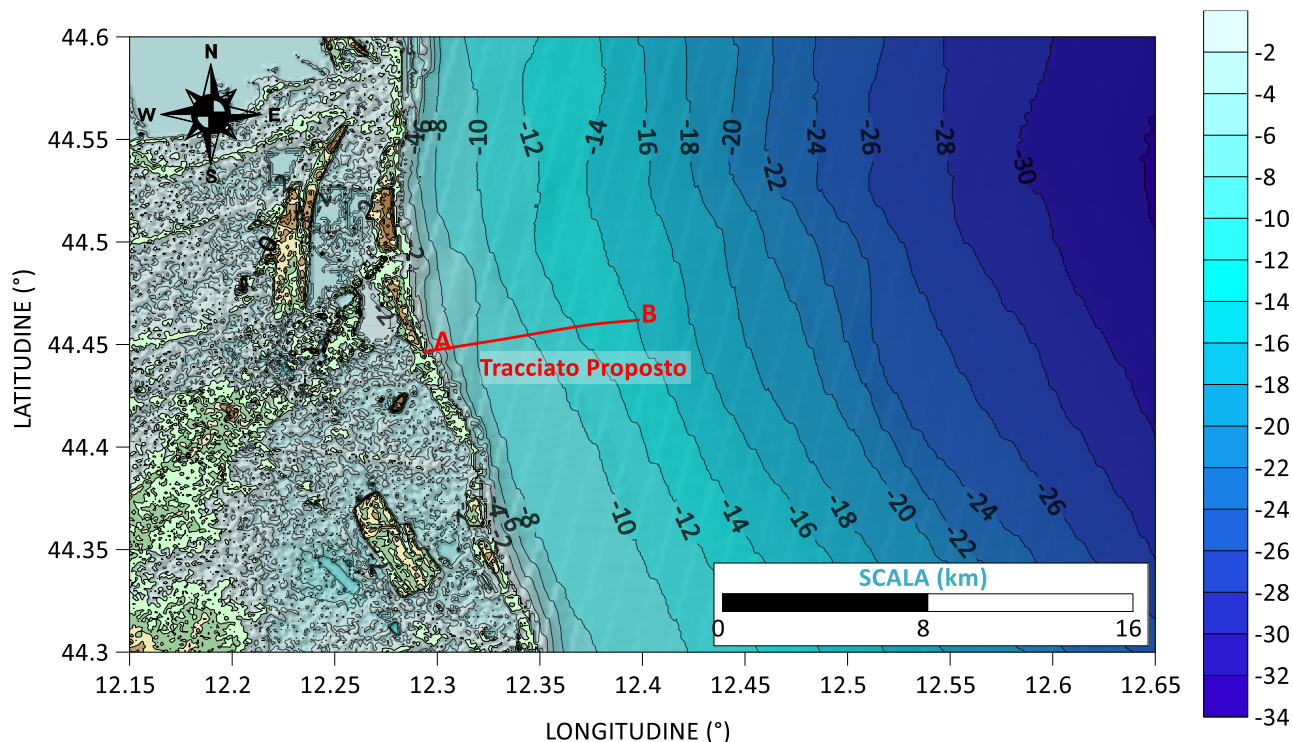


Figura 8: Carta del Rilievo e della Batimetria della zona di Marina di Ravenna. In rosso indicato il tracciato proposto [14]

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

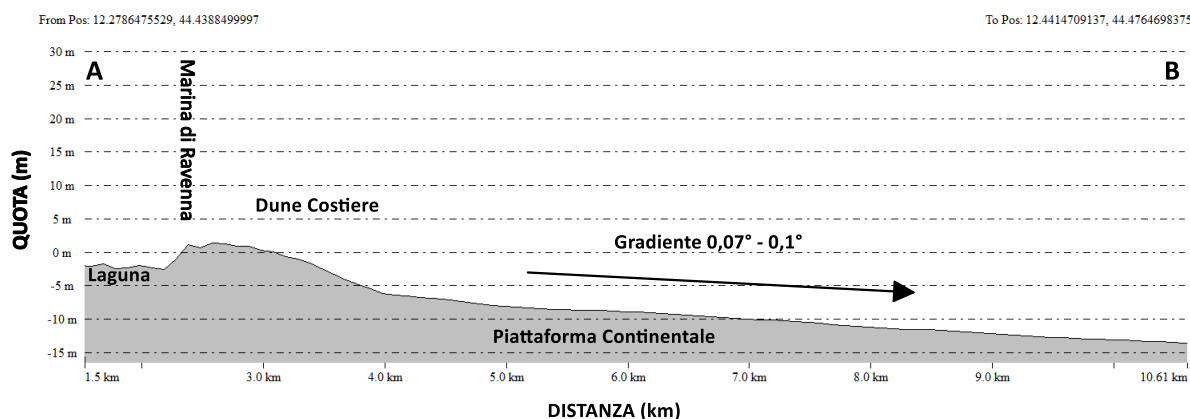


Figura 9: Profilo perpendicolare alla linea di costa, sovrapposto al tracciato proposto [14]

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Studi sismico-stratigrafici del riempimento di bacino del Nord-Adriatico testimoniano cambiamenti frequenti e ripetuti dell'apporto sedimentario, dello stile di deposizione e della direzione di progradazione durante la traslazione verso Est della catena appenninica durante il Pliocene e il Quaternario [15]. Durante l'ultimo picco glaciale (LGM: Last Glacial Maximum), le maggiori unità di progradazione sono state costituite da sedimenti provenienti da nord dall'azione combinata della Pianura del Po (principale asse sedimentario del bacino) e numerosi bacini di drenaggio coalescenti che drenano la porzione appenninica in sollevamento. Oltre all'apporto eustatico, tre fattori sono stati cruciali durante i cicli marini tardo-Quaternari: 1) cambiamenti di breve termine nell'apporto sedimentario, 2) cambiamenti in dimensioni e forma del bacino, e 3) cambiamenti del grado di connessione al resto del bacino del Mediterraneo.

Le curve batimetriche regionali mostrano che durante la parte iniziale del sollevamento del livello eustatico occorsa al termine dell'ultimo picco glaciale, il bacino Adriatico era connesso al resto del Mediterraneo tramite una stretta soglia; questo canale era probabilmente inferiore ai 50m di profondità e non permetteva uno scambio completo delle masse d'acqua di media e alta profondità [16]. Una delle conseguenze di questo confinamento morfologico è la scarsità o, in alcuni casi, l'assenza di foraminiferi planctonici durante l'ultimo picco glaciale. Con l'instaurarsi del nuovo livello marino al termine del LGM (Last Glacial Maximum), solo un settimo dell'attuale bacino era coperto dalle acque, mentre la gran parte era emerso [16]. Durante il Quaternario, il bacino Adriatico veniva riempito principalmente da nordovest, dal Po e dai fiumi appenninici, in direzione assiale, come testimoniato da studi di sismica a riflessione. La deposizione seguente alla risalita del livello dei mari nel tardo Quaternario ha dato origine ad un cuneo di sedimenti parallelo alla costa, centrato sulla porzione interna della piattaforma sul lato occidentale del bacino; questo prisma Olocenico ha uno spessore di circa 25km e si può correlare verso mare con un sottile banco di argille di meno di 2m di spessore in gran parte del bacino.

Per definire nel dettaglio le caratteristiche geotecniche del terreno nell'area d'indagine sono stati consultati sia i dati bibliografici generali sull'area di Ravenna, sia i portali di enti locali (ARPA Emilia Romagna, database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

Regione Emilia Romagna, Geoportale Adriatico Ionico GAIR), oltre a precedenti progetti eseguiti nell'area da parte di RINA e della Committenza.

Il dettaglio stratigrafico in corrispondenza dell'area di studio può essere dato dalla stratigrafia del terreno rilevato per le numerose opere a mare che si trovano al largo di Marina di Ravenna.

In particolare, dalla zona di Punta Marina, dalla costa per poco più di un km verso mare, i depositi superficiali sono costituiti da sabbia a granulometria medio-fine; mentre nel tratto fino al pontile esistente (da 1km a circa 8km dalla costa), la taglia granulometrica è caratterizzata da argille limose e limi dotati di bassa consistenza.

La copertura sabbiosa tende ad assottigliarsi andando dalla costa verso il largo.

Nel tratto che va da circa un km a mare, fino al pontile esistente, la successione stratigrafica superficiale si dimostra regolare, costituita da una serie di intercalazioni orizzontali ad alternanze argilloso-sabbiose, con spessori variabili tra 40 e 60cm. Questa fitta alternanza di sabbie e argille sedimentate in condizioni di mare basso, si estende fino ai 16-19m di profondità al di sotto del fondale, con la parte più superficiale spesso costituita da limi argillosi con percentuali di sabbia variabili, spesso organizzati in lenti di pochi decimetri di spessore. Alcuni livelli limosi di maggiore spessore possono essere individuati rispettivamente intorno ai 5 e ai 10 m di profondità al di sotto del fondale.

La caratteristica morfologia ondulata e localmente irregolare di questo livello sommitale indica con tutta probabilità l'esposizione agli agenti subaerei durante la regressione marina legata all'ultimo picco glaciale.

Al di sotto di questo livello sommitale, la stratigrafia si presenta più accidentata e, sebbene si mantenga la sua continuità laterale, la successione non possiede la caratteristica giacitura pianoparallela degli orizzonti superiori, specie nella porzione compresa tra 8 – 10 m e 30 m al di sotto del fondale, organizzata in strati da spessori e geometrie variabili (Figura 10) [17].

Al di sotto dell'orizzonte posto a 30 m di profondità, e fino a 60 – 70 m di profondità, è evidente una stratificazione sub-orizzontale ben marcata, costituita da strati argilloso-limosi e sabbiosi dotati di spessore compreso tra 70 e 90 cm.

Va inoltre notato che numerosi profili sismici realizzati nella zona identificano sacche di gas interstiziale di neoformazione attestato al di sotto di livelli argillosi intorno a profondità di 17 – 20m dal fondale marino, specie nell'area del pontile. Gli studi geofisici, tuttavia, escludono la presenza di fratture o faglie nella medesima zona alle profondità indagate [1].

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

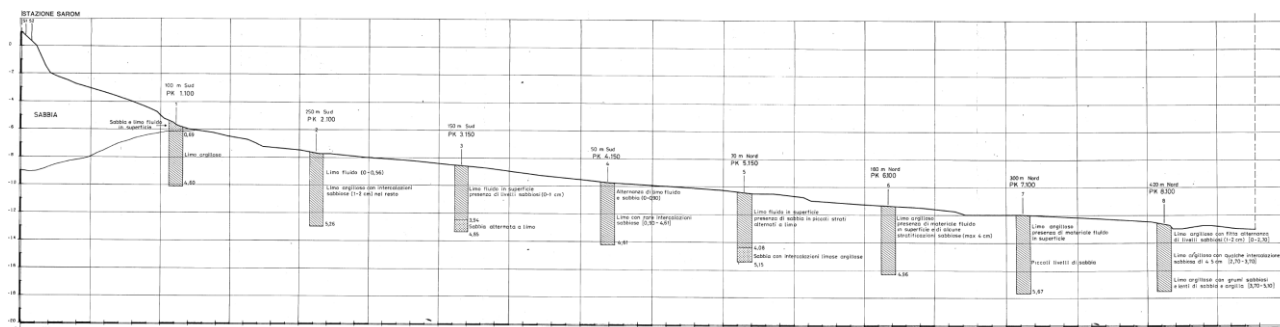


Figura 10: Sezione di Posizionamento Carotaggi Geotecnici, da [17], Ritaglio

Tabella 1: Caratteristiche Geotecniche dei Suoli, da [17]

Litologia	Sabbia	Limo e Argilla Limosa						
N° Sondaggio	1	2	3	4	5	6	7	8
N° Campione	1	1	1	1	1	1	1	1
Profondità (m)	2,85	2,10	2,90	2,80	2,80	2,70	2,35	3,20
Contenuto d'Acqua %	42,33	44,32	42,83	50,68	37,26	43,80	43,76	42,75
Limite Liquido %	47,09	45,68	46,41	52,85	43,95	52,84	57,58	52,85
Limite Plastico %	19,60	20,64	22,68	21,04	22,71	25,23	26,67	27,78
Indice di Plasticità %	27,49	25,04	23,73	31,81	21,24	27,61	30,91	25,07
Peso di Volume γ_n gr/cm ³	1,86	1,88	1,88	1,86	1,91	1,88	1,77	1,85
Peso di Volume Secco γ_d gr/cm ³	1,31	1,31	1,32	1,23	1,39	1,31	1,23	1,30
Peso Specifico Solido γ_s gr/cm ³	2,58	2,60	2,59	2,58	2,58	2,58	2,59	2,59
Densità alla Liquefazione γ_s gr/cm ³ (W0,01)	1,75	1,77	1,75	1,69	1,76	1,71	1,67	1,70
Angolo di Attrito Interno ϕ Gradi	5°04'	9°18'	8°05'	7°58'	8°09'	5°38'	4°21'	4°12'
Coesione Cu Kg/cm ²	0,151	0,061	0,040	0,077	0,045	0,092	0,083	0,083
Coefficiente Attrito Tubo-Fondo	1,1	0,7						

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

REFERENZE

- [1] Doglioni, C., 1994, "Foredeep versus Subduction Zones", *Geology*, Vol. 22, No. 3, pp. 271-274
- [2] Doglioni, C., F. Mongelli and P. Pieri, 1994, "The Puglia Uplift (SE Italy): An Anomaly in the Foreland of the Apenninic Subduction due to Buckling of a Thick Continental Lithosphere", *Tectonics*, Vol. 13, pp.1309-1321.
- [3] Royden, L., E. Patacca and P. Scandone, 1987, "Segmentation and Configuration of Subducted Lithosphere in Italy: An Important Control on Thrust-Belt and Foredeep-Basin Evolution", *Geology*, Vol.15, pp. 714-717.
- [4] Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), 1992, "Structural Model of Italy and Gravity Map", Progetto Finalizzato Geodinamica Quaderni de "La Ricerca Scientifica", Vol. 3, No. 114.
- [5] DISS Working Group, 2021, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.0: A Compilation of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- [6] Arvidsson, R. e G. Grunthal, 2010, "Compilation of Existing Regional and National Seismic Sources", SHARE Project Deliverable D3.1, 19pp.
- [7] Meletti, C., F. Galadini, G. Valensise, M. Stucchi, R. Basili, S. Barba, G. Vannucci e E. Boschi, 2008, "A Seismic Source Zone Model for the Seismic Hazard Assessment of the Italian Territory", *Tectonophysics*, Vol. 450, pp. 85-108.
- [8] Santulin, M., A. Tamaro, A. Rebez, D. Slejko, F. Sani, L. Martelli, M. Bonini, G. Corti, M.E. Poli, A. Zanferrari, A. Marchesini, M. Buseti, M. Dal Cin, D. Spallrossa, S. Barani, D. Scafidi, G. Barreca e C. Monaco, 2017, "Seismogenic Zonation as a Branch of the Logic Tree for the New Italian Seismic Hazard Map-MPS16: A Preliminary Outline", *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, Vol. 58, pp. 313-342.
- [9] Basili, R., L. Danciu, M.M.C. Carafa, V. Kastelic, F.E. Maesano, M.M. Tiberti, R. Vallone, E. Gracia, K. Sesetyan, J. Atanackov, B. Sket-Motnikar, P. Zupančič, K. Vanneste e S. Vilanova, 2020, "Insights on the European Fault-Source Model (EFSM20) as input to the 2020 update of the European Seismic Hazard Model (ESHM20)", <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-7008>
- [10] Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, P. Gasperini e A. Antonucci, 2022, "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>
- [11] Pagani, M., J. Garcia-Pelaez, R. Gee, K. Johnson, V. Poggi, R. Styron, G. Weatherill, M. Simionato, D. Viganò, L. Danciu e D. Monelli, 2018, Global Earthquake Model (GEM) Seismic Hazard Map (version 2018.1), DOI:10.13117/GEM-GLOBAL-SEISMIC-HAZARD-MAP-2018.1

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-CGB-E-09011	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU di Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 20	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-6-2-H1

[12] Dipartimento della Protezione Civile, 2021, “Classificazione Sismica al 30 Aprile 2021”, <https://rischi.protezionecivile.gov.it/static/e7312a649afd22a33cab15408e16ccbd/mappa-classificazione-sismica-aprile-2021-provincia.pdf>

[13] Stucchi, M., C. Meletti, V. Montaldo, A. Akinci, E. Faccioli, P. Gasperini, L. Malagnini e G. Valensise, 2004, “Pericolosità Sismica di Riferimento per il Territorio Nazionale MPS04”, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>

[14] EMODnet Bathymetry Consortium, 2020, EMODnet Digital Bathymetry (DTM), <https://portal.emodnet-bathymetry.eu/>

[15] Ciabatti M., P. V. Curzi and F. Ricci Lucchi, 1987, “Quaternary Sedimentation in the Central Adriatic Sea”, Giornale di Geologia, Vol. 49, pp. 113-125.

[16] Trincardi F., A. Ascoli, A. Cattaneo, A. Correggiari, L. Vigliotti and C.A. Accorsi, 1996, “Transgressive Offshore Deposits on the Central Adriatic Shelf: Architecture Complexity and the Record of the Younger Dryas Short-Term Event”, Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, Vol. 9.

[17] Snamprogetti, “Rapporto Geomorfologico”, Oleodotto Ravenna Porto Tolle – Condotte Sottomarine, SPC. ZA-E-70009, Commessa 435 909, 4/9/1984.